

TUGAS AKHIR - MO 141326

**Studi Analisa Pondasi Pada Struktur *Slipway* sistem *airbag*  
(Studi Kasus : Galangan PT. Lintech Duta Pratama, Paciran)**

**WISNU HANIFANTO**

**NRP. 4313 100 115**

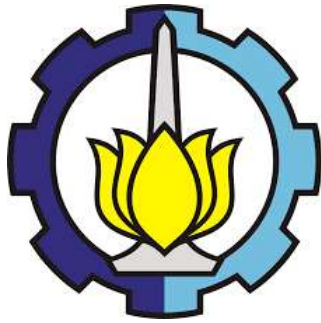
**Dosen Pembimbing**

**Haryo D Armono, S. T. , M.Eng, Ph.D**

**Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S. T. , M. Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN**

**Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017**



**TUGAS AKHIR - MO 141326**

**STUDI ANALISA PONDASI PADA STRUKTUR *SLIPWAY*  
SISTEM *AIRBAG* (STUDI KASUS: GALANGAN PT.  
LINTECH DUTA PRATAMA, PACIRAN)**

**WISNU HANIFANTO**

**NRP. 4313 100 115**

**Dosen Pembimbing**

**Haryo D Armono, S.T. , M.Eng, Ph.D**

**Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S. T. , M. Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN**

**Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017**

**STUDI ANALISA PONDASI PADA STRUKTUR SLIPWAY  
SISTEM AIRBAG (STUDI KASUS: GALANGAN PT.  
LINTECH DUTA PRATAMA, PACIRAN)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik  
pada program studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi  
Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

WISNU HANIFANTO

NRP. 4313100115

Disetujui oleh:

1. Haryo D. Armono, S.T., M.Eng., Ph.D. (Pembimbing 1)

2. Dr.Eng., K. Sambouho, S.T., M.Eng. (Pembimbing 2)

3. Drs. M. Musta'in, M.Sc., Ph.D. (Penguji 1)

4. Dr.Eng., Muhammad Zikra, S.T., M.Sc. (Penguji 2)

5. Sujantoko, S.T., M.T. (Penguji 3)

SURABAYA, JULI 2017

**STUDI ANALISA PONDASI PADA STRUKTUR *SLIPWAY* SISTEM  
AIRBAG (STUDI KASUS: GALANGAN PT. LINTECH DUTA  
PRATAMA, PACIRAN)**

**Nama** : Wisnu Hanifanto  
**NRP** : 4313 100 115  
**Jurusan** : Teknik Kelautan FTK - ITS  
**Dosen Pembimbing** : Haryo Dwito Armono S. T. , M.Eng, PhD  
Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S. T. , M. Eng.

**ABSTRAK**

Semakin berkembangnya industri maritim di negeri ini, semakin bertambah pula alat dan bangunan transportasi laut. Namun yang masih menjadi permasalahan di negeri ini adalah jumlah perbandingan antara jumlah alat transportasi laut dan galangan yang masih jauh dari ideal. PT. Lintech Duta Pratama sebagai perusahaan yang menggeluti industri maritim mengembangkan sayap perusahaan dengan membangun sebuah galangan di Paciran berdasarkan peluang usaha galangan yang terbilang sangat cerah. Galangan yang dibangun yaitu berupa *slipway*, diharuskan memiliki kapasitas yang cukup besar dan kuat lagi mampu menahan segala beban di atasnya. Segala beban di atas tanah tentunya akan didistribusikan ke pondasi yang selanjutnya disalurkan ke lapisan tanah yang kuat. Sehingga, *slipway* yang direncanakan harus kuat dalam menahan beban aksial dan beban lateral yang terjadi. *Slipway* yang direncanakan oleh PT. Lintech Duta Pratama di Paciran yang direncanakan untuk kapal hingga 15.000 DWT ini akan dianalisa pondasi tiang pancangnya dengan perhitungan manual baik dalam menahan beban aksial maupun lateralnya dan juga dengan aplikasi bantu menggunakan STAAD dari bentley. Sehingga nantinya diharapkan dari penelitian dapat dibandingkan antara perencanaan oleh perusahaan dan hasil permodelan dari aplikasi bantu STAAD. Beberapa pertimbangan modifikasi atau optimasi berupa pengecilan profil tiang pancang juga dilakukan setelah mengetahui hasil dari analisa penelitian ini.

**Keyword** : *Galangan, Slipway, Pondasi, STAAD*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah *subhanahu wa ta'ala* atas karunia-Nya sehingga penulis mampu melaksanakan dan menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul Studi Analisa Pondasi Pada Struktur *Slipway* Sistem *Airbag* (Studi Kasus: Galangan PT. Lintech Duta Pratama, Paciran) dengan baik dan tepat waktu.

Tugas Akhir ini merupakan mata kuliah wajib untuk setiap mahasiswa sebagai salah satu syarat dalam mendapatkan gelar sarjana Strata 1 (S1) di Departmen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Adapun isi dari laporan Tugas Akhir ini merupakan analisa *slipway* yang direncanakan oleh PT. Lintech Duta Pratama di Paciran yang direncanakan untuk kapal hingga 15.000 DWT ini akan dianalisa pondasi tiang pancangnya dengan perhitungan manual baik dalam menahan beban aksial maupun lateralnya dan juga dengan aplikasi bantu menggunakan STAAD dari bentley.

Dengan minimnya jumlah referensi yang digunakan , penulis merasa laporan ini belum sepenuhnya sempurna sehingga kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Terima kasih.

Surabaya, 14 Juli 2017

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam proses penyusunan laporan Tugas Akhir ini tentu tidak lepas dari bantuan beberapa pihak sehingga dalam proses pembuatannya dapat berjalan dengan lancar. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu selama proses pembuatan laporan, yaitu :

1. Allah *subhanahu wa ta'ala* yang memberikan rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan ini
2. Orang tua dan Keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan dan dorongan semangat serta motivasi kepada penulis.
3. Bapak Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng, P.h.D. selaku dosen wali dari penulis yang selalu membimbing penulis dalam pengambilan mata kuliah selama penulis menjalani studi di Departmen Teknik Kelautan ITS ini.
4. Bapak Haryo Dwito Armono, S.T, M.Eng, P.h.D. dan Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing pertama dan dosen pembimbing kedua atas segala bimbingan dan masukannya terhadap penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini.
5. Bapak Herman Pratikno ST, MT, PhD, selaku dosen koordinator tugas akhir atas segala bimbingan dan perijinan yang sudah menyetujui dalam melaksanakan tugas akhir.
6. Bapak-bapak dosen penguji Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc, Ph.D. , Dr.Eng. Muhammad Zikra, S. T., M.Sc. , Sujantoko, S. T. , M. T.
7. Bapak Haris, bapak Bondan dan bapak Arie dari PT. Lintech Duta Pratama atas semua bantuan dan bimbingannya dalam mengerjakan tugas akhir ini.
8. Serta kepada teman-teman Valtameri yang selalu member dukungan dan motivasi demi terselesaikannya tugas akhir ini.

## DAFTAR ISI

<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>10</b>
1.1 Latar Belakang Permasalahan .....	10
1.2 Perumusan Masalah .....	11
1.3 Tujuan .....	11
1.4 Manfaat .....	11
1.5 Batasan Masalah .....	11
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI</b>	<b>14</b>
2.1 Umum .....	14
2.2 Slipway .....	14
2.3 Pembebanan .....	15
2.4 Pondasi Tiang Pancang .....	16
2.4.1 Tipe dan Karakteristik Tiang Pancang Beton .....	17
2.4.2 Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang .....	18
2.4.3 Daya dukung Horizontal yang Diijinkan Pada Tiang Pancang .....	21
2.5 Tegangan Pada Tiang Pancang .....	24
2.5.1 Hubungan Antara Momen Maksimum Ijin dari Profil Tiang Pancang dengan Tekanan Tanah Pasif .....	25
2.5.2 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Terhadap Tegangan Akibat Beban dari Atas Ketika Posisi Tegak .....	25
2.6 Syarat Pondasi Aman .....	26
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	<b>28</b>
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	28
3.2 Prosedur Penelitian .....	29
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b>	<b>32</b>
4.1 Analisa Data Bor Tanah .....	32
4.2 Struktur Slipway dan Tiang Pancang yang Dianalisa .....	33
4.3 Analisa Pembebanan .....	37
4.3.1 Beban Mati .....	37
4.3.2 Beban Hidup .....	38
4.3.3 Beban Kombinasi .....	39
4.3.4 Beban Horizontal Berupa Gaya Gesek .....	40

4.4	Permodelan Struktur dengan Aplikasi STAAD Pro .....	41
4.5	Analisa Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang dan Tegangan yang Terjadi.....	45
4.6	Analisa Konsentrasi Tegangan .....	47
4.7	Diagram Gaya Pada Tiang Pancang .....	48
4.8	Menentukan Aman Tidaknya Pondasi Tiang Pancang .....	49
4.9	<i>Safety Factor</i> Tegangan Tiang Pancang .....	51
4.10	Optimasi Perubahan Profil Tiang Pancang .....	51
4.11	Optimasi Perubahan Lebar Jarak Antar Tiang Pancang.....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		54
5.1	Kesimpulan .....	54
5.2	Saran .....	55
DAFTAR PUSTAKA .....		56



## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Contoh Struktur Slipway dengan Sistem Airbag , sumber : Bodysaver Marine Airbag, 2015 .....	15
Gambar II.2 Varian Bentuk dari Tiang Pancang Beton.....	18
Gambar II.3 Beban maksimum/ultimate yang dapat ditahan oleh kapasitas daya dukung dari tiang pancang.....	19
Gambar II.4 Tiang Pancang dengan Beban Horizontal.....	21
Gambar II.5 Penjelasan Diambil dari oleh Dunham (1962).....	22
Gambar II.6 Gambar dari Penjelasan di atas .....	22
Gambar III.1 Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar IV.1 Data tanah DB 1(kiri) dan DB 2 (kanan).....	32
Gambar IV.2 Titik Pengeboran Untuk Memperoleh Data Bor Tanah .....	33
Gambar IV.3 <i>Long Section</i> Struktur <i>Slipway</i> .....	34
Gambar IV.4 Detail Pembalokan Struktur Tampak Atas .....	35
Gambar IV.5 Tampilan <i>lay out</i> tiang pancang <i>spun piles</i> .....	36
Gambar IV.6 Detail Profil Girder Ujung <i>Slipway</i> .....	37
Gambar IV.7 Detail Profil Girder Inti <i>Slipway</i> .....	38
Gambar IV.8 Gaya-gaya yang Terjadi Pada Bidang Miring <i>Slipway</i> .....	40
Gambar IV.9 Model Awal Sesuai yang Ada di Lapangan .....	41
Gambar IV.10 Model yang Sudah Dimodifikasi Oleh Penulis .....	41
Gambar IV.11 Contoh Gambar Input Profil Tiang Pancang Pada STAAD Pro .....	42
Gambar IV.12 Beban-beban yang Diinputkan Pada Struktur di STAAD Pro .....	43
Gambar IV.13 Contoh Report Pada Tiang Pancang Diurutkan dari yang Mengalami <i>Axial Force</i> Terbesar ke Terkecil.....	44
Gambar IV.14 Contoh Output Berupa Diagram Momen Arah Sumbu Z dengan Beban Kombinasi.....	44
Gambar IV.15 <i>Whole Structure Slipway</i> Tampilan Tiga Dimensi .....	45
Gambar IV.16 Gambar Grafik Kapasitas Daya Dukung Ujung Tiang Pancang .....	46
Gambar IV.17 Gambar Grafik Kapasitas Daya Dukung Lekatan Tiang Pancang .....	46
Gambar IV.18 Barisan Tiang Paling Ujung .....	47
Gambar IV.19 Dua Barisan Tiang Pancang Paling Belakang .....	48
Gambar IV.20 Diagram Gaya Tiang Pancang.....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel IV.1 Profil Tiang Pancang yang Digunakan ( <i>WKA Spun Piles Classification</i> ).....	35
Tabel IV.2 Data Kapal.....	38
Tabel IV.3 Tabel Hasil Analisa Tiang Pancang .....	52

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A Perhitungan Beban

Lampiran B Analisa Pondasi Tiang Pancang Sesuai di Lapangan

Lampiran C Analisa Pondasi Tiang Pancang Setelah Diganti Profil

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Semakin berkembangnya industri kemaritiman di Indonesia maka harus diiringi dengan semakin berkembangnya pula teknologi dan fasilitas penunjangnya. Indonesia sebagai negara kepulauan sangat mengandalkan transportasi jalur laut sebagai kunci dari pendistribusian ekonomi antar pulau. Kapal dan bangunan laut lainnya yaitu sebagai alat utama yang diandalkan dalam industri kemaritiman, tentunya harus terus dirawat dan diperbaiki secara berkala agar terus dapat beroperasi dengan baik. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah galangan kapal yang mencukupi dan mumpuni untuk memenuhi hal tersebut. Berdasarkan apa yang dikatakan oleh Budi Darmadi selaku Direktur Jenderal Industri Unggulan Berbasis Teknologi Tinggi Kementerian Perindustrian bahwa galangan kapal yang ada saat ini di Indonesia hanya berjumlah 240 saja dan tentunya masih sangat kurang dibandingkan dengan jumlah kapal yang ada pada tahun 2013 berjumlah 11.600 kapal.

Maka dari permasalahan tersebut, PT. Lintech Duta Pratama sebagai perusahaan yang bergerak dalam bidang industri maritim mendirikan sebuah *seaside facility* yang salah satunya berupa *slipway* di Paciran. *Slipway* yang didirikan diharapkan mampu digunakan oleh kapal berukuran hingga 15.000 DWT untuk kapal tanker. Dengan target beban seperti itu, maka struktur *slipway* harus didesain kuat dan stabil terutama pada struktur pondasi tiang pancangnya. Banyak penelitian yang sudah membahas tentang pondasi berbagai macam struktur bangunan laut dan penunjangnya, seperti yang diteliti oleh Gani dan Iriani (2011) yaitu merencanakan perancangan *slipway* menggunakan *software* bantu SAP2000 di sungai Barito Banjarmasin yang mana menghasilkan sebuah rancangan ukuran *slipway* beserta pemilihan materialnya lengkap dengan ukuran *cradle* dan materialnya. Penelitian tentang perancangan struktur *jetty* juga pernah dilakukan oleh Djoko (2013) dengan memodifikasi material beton penyusunnya dan juga oleh Statourenda (2011) yang merancang sebuah *jetty* di Tanjung Pakis Lamongan lengkap dengan perhitungan *fender* dan *dolphin* nya. Ada pula penelitian oleh Febiaswari (2013) yang meneliti tentang perancangan struktur *skidway* di PT. PAL Surabaya lengkap dengan pondasinya yang dihitung secara singkat berdasarkan data tanah yang ada. Studi daya dukung tiang pancang

juga pernah dilakukan oleh Ariyanto (2013), akan tetapi hanya menyebutkan teori dan metode-metodenya saja.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Masalah-masalah yang akan dicari dan diselesaikan dalam penelitian ini adalah:

1. Seberapa aman atau tidaknya pondasi yang digunakan pada struktur *slipway* PT. Lintech Duta Pratama?
2. Bagaimana perbandingan hasil analisa berupa *safety factor* dari kapasitas daya dukung, tegangan serta konsentrasinya, dan momen antara struktur di lapangan saat ini dengan hasil setelah dilakukan perubahan profil pada struktur tiang pancangnya dengan *software* bantu STAAD *pro*?

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dalam penelitian ini berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Menganalisa aman atau tidaknya pondasi yang digunakan pada struktur *slipway* PT. Lintech Duta Pratama.
2. Melihat perbandingan hasil analisa berupa *safety factor* dari kapasitas daya dukung, tegangan serta konsentrasinya, dan momen antara struktur di lapangan saat ini dengan hasil setelah dilakukan perubahan profil pada struktur tiang pancangnya dengan *software* bantu STAAD *pro*.

## **1.4 Manfaat**

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah diharapkan bagi kami mahasiswa dapat dijadikan sebuah pembelajaran dan dapat terus dikembangkan. Perusahaan terkait juga diharapkan dapat menjadikan hasil dari penelitian ini sebagai sebuah masukan atau opsi dalam merencanakan sebuah pondasi struktur laut.

## **1.5 Batasan Masalah**

Agar lebih memudahkan analisis dan dapat dicapai tujuan yang diharapkan, maka batasan-batasan yang ditentukan adalah :

1. Hanya menganalisa atau menghitung pondasi dari struktur *slipway* saja berdasarkan data bor tanah yang ada di lokasi.
2. Menggunakan *software* bantu STAAD saja.

3. Mengabaikan *settlement* dikarenakan kondisi tanah asli tidak ada penurunan dan dibawah lapisan tanah keras tidak ada lapisan *clay*.
4. Pondasi tiang pancang berupa beton.
5. Mengabaikan beban angin yang mengenai kapal saat tertambat maupun saat masuk / turun di atas slipway.
6. Tidak memodelkan tekanan tanah pasif.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Umum

Pada penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, seperti penelitian yang pernah dilakukan oleh Djoko (2013) dan Statourenda (2011) tentang perancangan struktur *jetty* dengan mengacu kepada data bor tanah kemudian perhitungannya menggunakan metode *Luciano Decourt* untuk menganalisa daya dukung tanah terhadap pondasi tiang pancangnya. Peneliti tersebut juga menggunakan *software* bantu SAP 2000. Begitu pula dengan Febiaswari (2013) tentang perencanaan struktur *skidway* di PT. PAL Surabaya, akan tetapi peneliti tersebut hanya menganalisa jenis pondasi apa yang cocok digunakan pada struktur *skidway* tersebut dan tidak menjelaskan secara detail perhitungan untuk memp dimensi struktur pondasinya.

Penelitian tentang pondasi lainnya yaitu penelitian yang dilakukan oleh Syahroni (2016) tentang analisa kekuatan tiang pancang pada dermaga PT. Terminal Petikemas Surabaya dan juga oleh Gani (2011) tentang perencanaan struktur slipway di sungai Barito Banjarmasin yang kedua peneliti tersebut menggunakan *software* SAP 2000 untuk analisa pondasinya. Berdasarkan penelitian milik Gani (2011) dan Syahroni (2016), penulis dapat melakukan penelitian yang serupa tentunya dengan variasi data tanah, tipe beserta ukuran struktur yang membebani, tipe pondasi yang dipakai, dan juga *software* pendukung yang berbeda yaitu dengan menggunakan *STAAD pro / Foundation*.

#### 2.2 Slipway

*Slipway* adalah sebuah struktur landasan dengan kelandaian tertentu yaitu struktur yang paling sederhana untuk menaikkan maupun menurunkan sebuah bangunan apung agar bisa diperbaiki di sebuah dermaga galangan. Struktur *slipway* ini secara umum terdiri dari *cradle* (semacam kereta) yang berdiri dan berjalan di atas sebuah rel, dibantu oleh kabel baja yang ditarik oleh *winch* (mesin derek). (Gani, 2011)





Gambar II.1 Contoh Struktur Slipway dengan Sistem Airbag , sumber : Bodysaver Marine Airbag, 2015

### 2.3 Pembebanan

Menurut Gani (2011), pembebanan pada struktur *slipway* berdasarkan jenis bebannya terdiri dari beban mati, beban hidup, beban horizontal (gaya gesekan dari tarikan *winch*), dan beban gempa. Beban mati terdiri dari berat dari pembalokan, berat dari cor beton, dan berat dari susunan lantai beton pracetak. Sedangkan beban hidup dapat terdiri dari berat LWT dari kapal, berat *airbag*, dan berat dari *keelblock*. Untuk beban dari tarikan *winch* hanya diambil dari beban tarikan terbesar yang dialami ketika proses penarikan kapal. Beban hidup yang terjadi dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Beban Hidup} = W / \text{Contact Area} \dots \dots \dots \text{Persamaan II.1}$$

Dimana ;

W = Berat kapal kosong

Sedangkan,

$$W = L_{pp} \times B \times D \times C_b \dots \dots \dots \text{Persamaan II.2}$$

Dimana;

$L_{pp}$  = *Length perpendicular*

B = Lebar kapal *moulded*

D = *Draft* kapal kosong

Cb = Koefisien blok

Untuk *Contact area* dihitung dengan persamaan berikut :

Contact Area =  $S_a \times N$ .....Persamaan II.3

Dimana;

$S_a$  = Kontak area airbag dengan landasan slipway

N = Jumlah airbag

Jika dibedakan berdasarkan kondisinya, pembebanan pada slipway dapat dibedakan menjadi empat, yaitu (*British Standard 6349 part 3, 1988*) ;

1. Pembebanan ketika proses *shipbuilding* atau *repairing* (tidak pada landasan miring)
2. Pembebanan ketika permulaan akan meluncur, yaitu ketika posisi kapal berada di pangkal *slipway*
3. Pembebanan ketika meluncur, yaitu ketika kapal berada di landasan miring dalam kondisi kering
4. Pembebanan ketika di ujung luncuran, yaitu ketika kapal berada di ujung *slipway* dan sudah mendapatkan gaya angkat ke atas oleh air laut

## 2.4 Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang digunakan pada sebuah struktur bangunan apabila tanah dasar bangunan tersebut tidak memiliki daya dukung yang cukup untuk menahan beban dari struktur itu sendiri. Dalam kasus lain, apabila lapisan tanah yang memiliki daya dukung tinggi (keras) yang mampu menahan beban bangunan tersebut letaknya sangat dalam. Cara kerja pondasi ini adalah dengan mentransferkan beban-beban dari konstruksi di atasnya ke lapisan tanah yang memiliki daya dukung yang kuat menahan beban-beban tersebut. (Sardjono, 1988)

Pondasi tiang pancang harus memenuhi beberapa kondisi : (Braja, 2011)

1. Pondasi tiang pancang harus mampu mentransferkan beban-beban vertikal dari konstruksi atas ke lapisan tanah keras.
2. Pondasi tiang pancang harus mampu menahan pula beban-beban horizontal termasuk gaya dari gempa.
3. Pondasi tiang pancang harus tertanam pada kedalaman dimana lapisan tanahnya stabil, tidak mengalami pembengkakan maupun tidak mengalami penyusutan.
4. Pondasi tiang pancang untuk struktur di tengah laut, harus mampu menahan gaya angkat ke atas (*buoyancy/uplifting force*).

#### 2.4.1 Tipe dan Karakteristik Tiang Pancang Beton

Menurut Braja (2011), tiang pancang baja ada dua tipe, tipe *precast piles* dan tipe *cast in situ piles*. Perbedaan antara keduanya adalah, untuk tipe *precast piles* yaitu tiang pancang beton bertulang yang sudah tercetak/terbentuk sehingga siap dipancangkan ke dalam tanah layaknya tiang pancang baja. Adapun untuk tipe *cast in situ* yaitu dengan cara melubangi tanah terlebih dahulu hingga kedalaman yang memenuhi, kemudian diberi sebuah pipa baja dan diisi dengan beton (Sardjono, 1988).

Pondasi tiang pancang beton umumnya banyak digunakan di bangunan pelabuhan, karena pondasi tiang pancang beton ini tahan terhadap korosi dan harganya relatif murah jika dibandingkan dengan pondasi tiang pancang baja. Selain itu, pondasi tiang pancang beton cenderung memiliki kapasitas ujung yang baik dan juga memiliki kapasitas friksi yang baik. Namun, masalah yang menjadi persoalan utama pada tiang pancang beton adalah ketika harus dibutuhkan perubahan ukuran, tiang pancang beton akan sulit dipotong dan memerlukan waktu yang lama. Sifatnya yang keras dan berat juga menyulitkan dalam hal transportasinya (Prashant, "Foundation Analysis and Design").

Braja (2011) menjelaskan, pada pondasi beton tipe *cast in situ* terdapat dua cara pemasangannya yaitu *cased* (lapisan pipa baja dibiarkan tertanam melapisi beton) dan *uncased* (lapisan pipa bajanya dicabut keluar setelah beton tertuang). Terdapat perbedaan yang mencolok pada dua cara pemasangan pondasi beton *cast in situ* tersebut, terutama dalam hal *allowable structural capacity* nya (Kapasitas struktur yang diijinkan).

Pada pondasi tiang beton *cast in situ* yang *cased*, lapisan baja juga harus diperhitungkan sehingga *allowable structural capacity* (Kapasitas struktur yang diijinkan) nya adalah:

$$Q_{all} = A_s f_s + A_c f_c \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan II.4}$$

Dimana ;

$A_s$  = *Cross sectional Area* dari baja pelapis

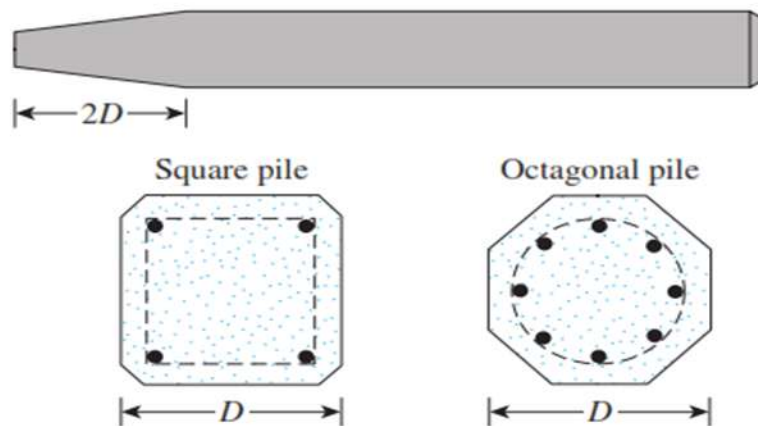
$F_s$  = *Allowable stress* baja , antara (0,33 sampai 0,5  $f_y$ )

$A_c$  = *Cross sectional Area* dari beton

$F_c$  = *Allowable stress* beton

Adapun pada pondasi tiang beton *cast in situ* yang *uncased*, *allowable structural capacity* (Kapasitas struktur yang diijinkan) nya adalah:

$$Q_{all} = A_c f_c \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan II.5}$$



Gambar II.2 Varian Bentuk dari Tiang Pancang Beton

#### 2.4.2 Kapasitas Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang

Menurut Sidharta (rekayasa pondasi dalam dan pondasi dangkal), kondisi pondasi tiang pancang dibedakan menjadi dua;

- Tiang pancang tipe *end bearing pile* atau *point bearing pile*, yaitu tiang pancang tipe ini ujung tiang pancangnya harus terletak pada lapisan tanah keras yang daya dukungnya tinggi.
- Tiang pancang tipe *friction pile*, yaitu dimana ujung tiang pancangnya tidak mencapai lapisan tanah keras akan tetapi tiang pancang sudah tertahan dengan kuat memanfaatkan gesekan yang timbul antara tiang pancang dengan tanah.

Seperti yang sudah tertulis di atas bahwa kapasitas daya dukung tiang dibedakan dua kondisi yaitu daya dukung ujung dan daya dukung gesek, jika dimobilisasi keduanya, akan menghasilkan persamaan (Braja, 2011) :

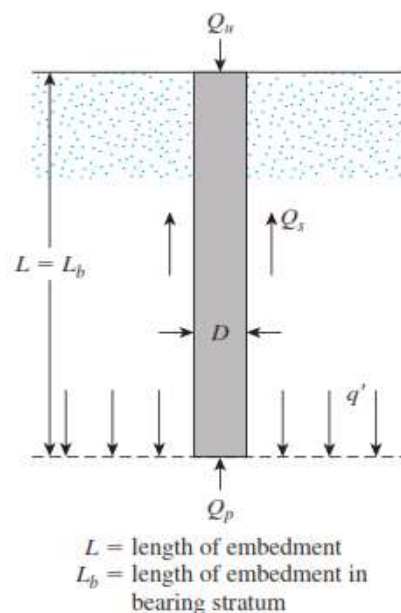
$$Q_u = Q_p + Q_s \dots\dots\dots \text{Persamaan II.6}$$

Dimana;

$Q_u$  = Kapasitas daya dukung tiang pancang maksimum

$Q_p$  = Kapasitas daya dukung ujung yang didapat dari tanah bawah ujung pondasi

$Q_s$  = Kapasitas daya dukung yang didapat dari gaya gesekan antara tiang pancang dengan tanahnya



Gambar II.3 Beban maksimum/ultimate yang dapat ditahan oleh kapasitas daya dukung dari tiang pancang

#### A. *Point Bearing Capacity* (Kapasitas Daya Dukung Ujung Tiang Pancang)

Secara umum yang sering digunakan untuk menghitung  $Q_p$ , dapat menggunakan persamaan dari Luciano Decourt sebagai berikut (Braja, 2011) :

$$Q_p = q_p \times A_p = (\check{N}_p \times K) \times A_p \dots\dots\dots \text{Persamaan II.7}$$

Dimana;

$A_p$  = Luas penampang tiang

$q_p$  = Tegangan di ujung tiang

$\check{N}_q$  = Harga rata-rata SPT di sekitar 4D di atas hingga 4D di bawah dasar tiang pondasi

K = Koefisien karakteristik tanah

12 t/m<sup>2</sup> = 117.7 kPa, untuk lempung

20 t/m<sup>2</sup> = 196 kPa, untuk lanau berlempung

25 t/m<sup>2</sup> = 245 kPa, untuk lanau berpasir

40 t/m<sup>2</sup> = 392 kPa, untuk pasir

Namun banyak sekali ilmuwan-ilmuan lain yang melakukan penelitian demi mencari nilai  $Q_p$  dengan berbagai macam metode, diantaranya metode meyerhof, metode Vesic, metode terzaghi, dan metode Coyle-Castello.

#### B. *Frictional Resistance Capacity* (Kapasitas Daya Dukung Friksi Tiang Pancang)

*Frictional* atau *skin resistance* pada pondasi tiang pancang dapat didapat menggunakan metode Luciano Decourt dengan persamaan (Braja, 2011) :

$$Q_s = q_s \times A_s = (\check{N}_s/3 + 1) \times A_s \dots\dots\dots \text{Persamaan II.8}$$

Dimana;

$q_s$  = Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m<sup>2</sup>

$\check{N}_s$  = Harga rata-rata sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan :  $3 < N < 50$

$A_s$  = Keliling x panjang tiang yang terbenam (luas selimut tiang)

### 2.4.3 Daya dukung Horizontal yang Diiijinkan Pada Tiang Pancang

Menurut Sardjono (1988) secara umum, sebuah tiang pancang harus memenuhi persyaratan berikut untuk menilai bahwa tiang pancang mampu menahan sebuah beban horizontal yang terjadi ;

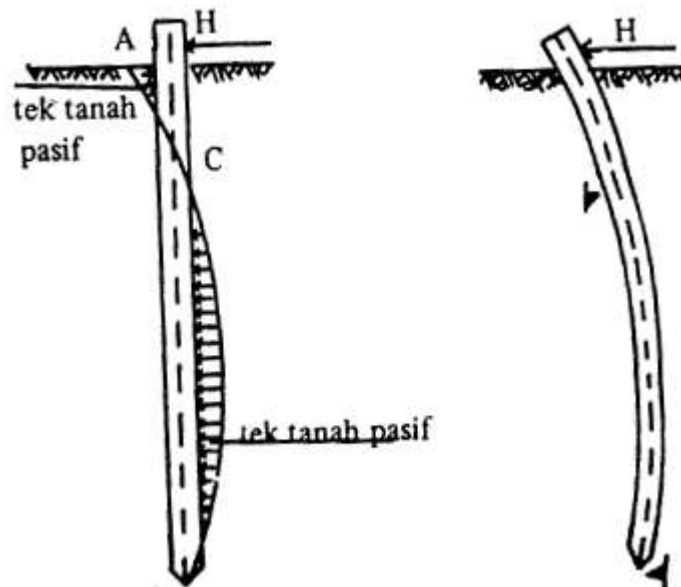
$$H_{\text{aktual}} < H_{\text{ijin}} \dots \dots \dots \text{Persamaan II.9}$$

Dimana;

$H_{\text{aktual}}$  = Gaya horizontal sebenarnya yang terjadi

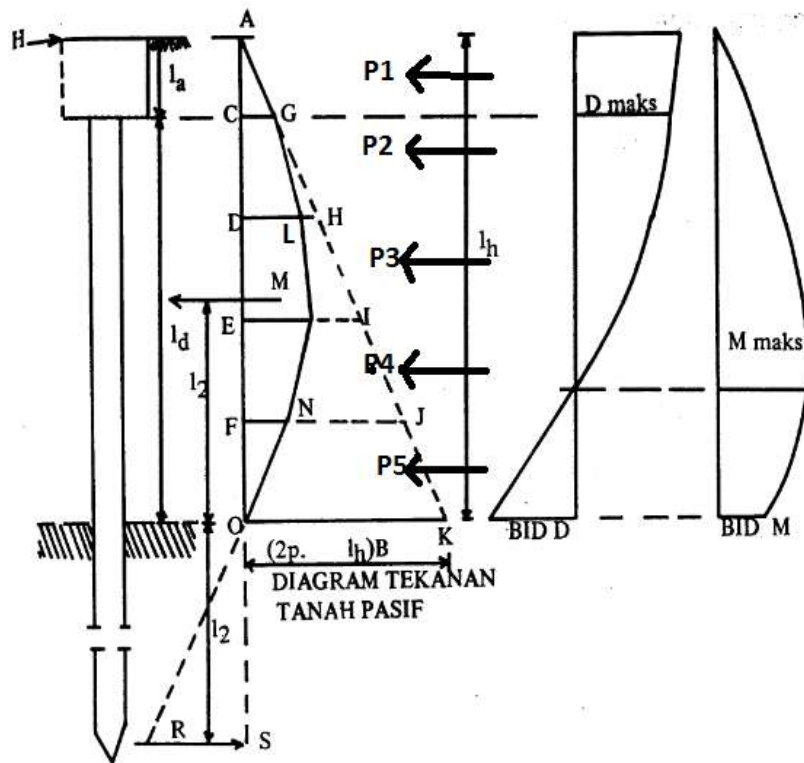
$H$  = Kapasitas gaya horizontal yang diijinkan

Dalam pembebanan horizontal tiang pancang, harus ditinjau pula adanya tekanan tanah pasif yang menahan gaya horizontal yang terjadi. Apabila tekanan tanah pasif sudah cukup kuat untuk menahan gaya horizontal, maka harus diperhitungkan apakah kekuatan dari tiang pancang itu sendiri mampu menahan tekanan tanah pasif yang timbul.



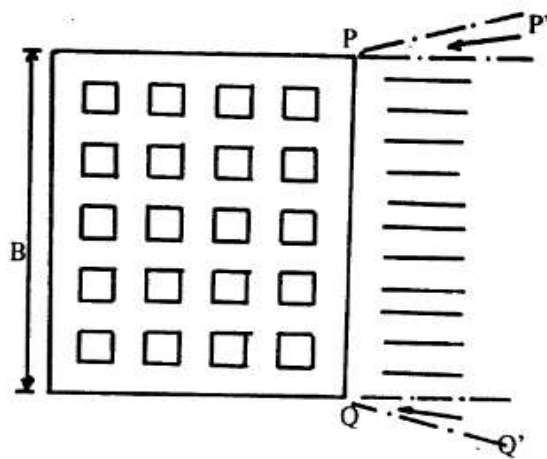
Gambar II.4 Tiang Pancang dengan Beban Horizontal

Menurut Dunham (1962), sebuah tiang pancang akan terjepit dengan sempurna ( $l_d$ ) pada tanah pasif di kedalaman  $\frac{1}{4}$  sampai  $\frac{1}{3}$  dari kedalaman penetrasi tiang pada tanah pasif ( $l_p$ ). Kemudian dijelaskan pula oleh Dunham bagaimana sebuah struktur pondasi kelompok (menempel pada *poer*) ketika dikenai beban horizontal.



Gambar II.5 Penjelasan Diambil dari oleh Dunham (1962)

Karena adanya beban H dari kiri, maka poer akan bergerak ke kanan dan akan mendapatkan perlawanan dari tekanan tanah pasif. Beban H sebelah kanan akan disebarkan seperti pada garis P', P, Q, Q' dan sudut penyebarannya tergantung oleh jenis tanahnya.



Gambar II.6 Gambar dari Penjelasan di atas



Dimana;

Untuk tanah lunak ( $N_{rata} < 15$ )  $tg \alpha = 1/6$

Untuk tanah sedang ( $15 \leq N_{rata} < 50$ )  $tg \alpha = 1/4$

Untuk tanah keras ( $N_{rata} \geq 50$ )  $tg \alpha = 1/3$

$B$  = Lebar *poer* yang menerima tekanan tanah pasif

$\gamma$  = Berat Volume Tanah

$\lambda_p = tg^2 (45^\circ + \phi/2)$

$\phi$  = Sudut geser tanah

$l_h = l_a + l_d$

Kemudian ,  $l_d$  dibagi menjadi 4 bagian yang sama besar menjadi

$CD = DE = EF = FO$

Untuk,

$OK = (\lambda_p \cdot \gamma \cdot l_h) B$

Maka berdasarkan rumus OK dapat diketahui nilai CG, DH, EI, FJ

Kemudian hitung Tekanan efektifnya:

CG sudah diketahui dari perhitungan di atas

$DL = 3/4 DH$

$EM = 1/2 EI$

$FN = 1/4 FJ$

Tekanan di titik O = 0 (nol)

Kemudian dicari nilai beban tanah pasif P1, P2, P3, P4, dan P5 bisa menggunakan persamaan sesuai gambar 2.5 :

$P1 = 1/2 AC \cdot CG$

$$P2 = \frac{1}{2} CD (CG + DL)$$

$$P3 = \frac{1}{2} DE (DL + EM)$$

$$P4 = \frac{1}{2} EF (EM + FN)$$

$$P5 = \frac{1}{2} FO (FN + O)$$

Setelah itu mencari resultan tekanan pasif ( $l_z$ ) yaitu yang titik tangkapnya sejauh “l” dari titik 0

Sehingga gaya horizontal yang diijinkan adalah :

$$\Sigma M \text{ terhadap titik S} = 0$$

$$H (l_a + l_h + l_z) - P_{tot.} 2 l_z = 0$$

$$H (l_a + l_h + l_z) = P_{tot.} 2 l_z$$

$$H = \frac{P_{tot.} 2 l_z}{l_a + l_h + l_z} \dots \dots \dots \text{Persamaan II.10}$$

Sedangkan untuk H aktual yang terjadi adalah berupa gaya gesek yang terjadi di permukaan landasan slipway. Gaya gesek ditimbulkan dari pergesekan antara kapal, airbag dengan landasan lantai beton slipway. Dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Gaya Gesek} = N \times \mu \dots \dots \dots \text{Persamaan II.11}$$

Dimana ;

$$N = \text{Gaya Normal}$$

$$\mu = \text{Koefisien Gesek (0.035 untuk gesekan pada lantai beton –evergreen ltd.-)}$$

## 2.5 Tegangan Pada Tiang Pancang

Menurut Gani (2011) yang dikutip dari OCDI (2002) “ *Technical Standards And Commentaries For Port And Harbour Facilities in Japan*”, sebuah pondasi tiang pancang harus mampu menahan tegangan yang ada agar tidak terjadi patah baik karena adanya tekanan aksial maupun tekanan dari dalam tanah itu sendiri. Oleh karena itu, diperlukan

pula material dan dimensi yang cocok sehingga pondasi dapat dikategorikan sebagai pondasi yang aman.

#### 2.5.1 Hubungan Antara Momen Maksimum Ijin dari Profil Tiang Pancang dengan Tekanan Tanah Pasif

Sebagaimana yang sudah dijelaskan pada poin 2.4.4, bahwa sebuah pondasi yang terkena sebuah gaya horizontal maka akan ada perlawanan berupa tekanan dari tanah pasif yang ada. Dari tekanan tersebut maka akan timbul momen maksimum, agar terhindar dari sebuah kegagalan maka diperlukan sebuah momen maksimum yang diijinkan pada tiang pancang tersebut. Secara umum dirumuskan sebagai berikut (OCDI, 2002) :

Momen Ijin Maksimum > Momen Maksimum Akibat Tanah Pasif...Persamaan II.12

Sedangkan, Momen Ijin Maksimum itu sendiri didapat dari data profil tiang pancang yang dipakai di lapangan. Untuk SF Momen mengacu berdasarkan rekomendasi BS 8004: 1986, sebesar 2 sampai 3. Dari persamaan di atas jelas sekali bahwa material dari tiang pancang yang dipilih sangat berpengaruh terhadap momen maksimum yang timbul dikarenakan tekanan dari tanah pasif akibat gaya atau beban horizontal yang terjadi.

#### 2.5.2 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Terhadap Tegangan Akibat Beban dari Atas Ketika Posisi Tegak

Dalam hal ini, tegangan yang terjadi akibat beban dari atas ketika tiang pancang tegak tidak boleh melebihi dari tegangan ijin profil tiang pancang tersebut. Tegangan yang terjadi akibat beban dari atas terhadap tiang pancang tegak dapat dihitung dengan rumus ;

$$\sigma = F / A \dots \dots \dots \text{Persamaan II.13}$$

dimana;

F = Beban / gaya yang terjadi dari atas

A = Luas penampang dari tiang pancang

Maka, Syarat tegangan yang berlaku pada tiang pancang adalah:

$\sigma \geq \sigma$  aktual yang terjadi.....Persamaan II.14

Yaitu tegangan ijin harus lebih besar daripada tegangan aktual yang terjadi.

## 2.6 Syarat Pondasi Aman

Menurut Solihin (2015), sebuah pondasi tiang pancang secara umum dapat dikatakan aman dan mampu menahan suatu beban struktur di atasnya jika memenuhi persyaratan berikut :

$$Q_{all} > P \quad (\text{aman})$$

$$Q_{all} = P \quad (\text{masih aman dan ekonomis})$$

Apabila  $Q_{all} < P$  , maka pondasi tersebut tidak aman dan akan mengalami *failure* atau runtuh.

Dimana;

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{FS} \quad \dots\dots\dots \text{Persamaan II.15}$$

$Q_{all}$  = Allowable load-carrying capacity

FS = Safety factor (rekomenadasi dari Braja : antara 2,5 sampai 4)

Jika untuk syarat yang horizontal, tetap sama hanya P (*axial force*) diganti dengan H aktual yaitu beban horizontal yang terjadi. Adapun dengan syarat tegangan yang aman, dapat dilihat dari perbandingan antara tegangan ijin dengan tegangan aktual yang terjadi. Perbandingan tersebut nantinya akan menghasilkan sebuah *safety factor* , jika mengacu pada *codes AS2159-1995 (Australian Standards, Piling Design and Installation)* SF pada sebuah analisa statis tiang pancang adalah idealnya 2,12 sampai 3,44. Apabila memenuhi syarat tersebut, sebuah pondasi tiang pancang dapat dikatakan aman.

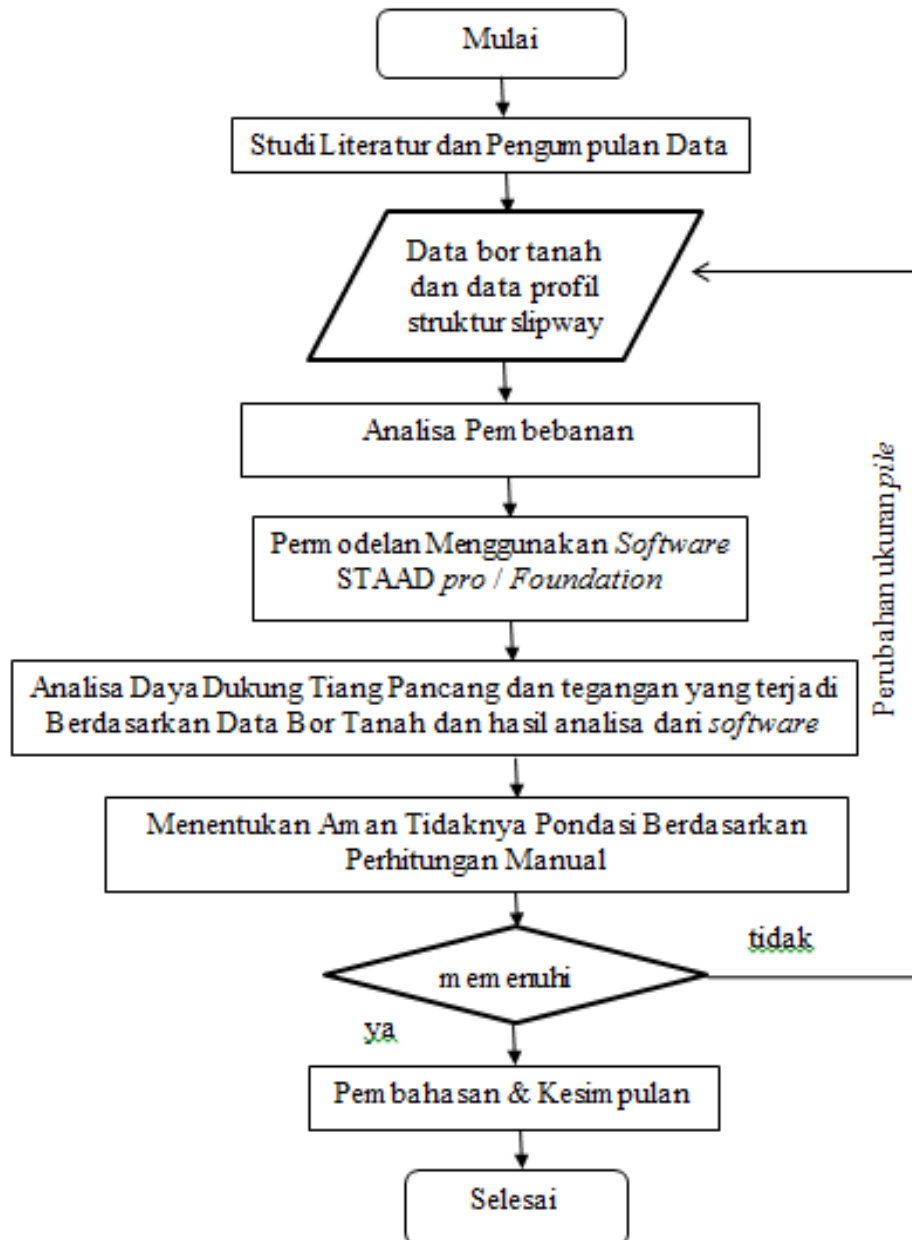
[Hakaman ini sengaja dikosongkan]

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian yang digunakan untuk menyelesaikan penulisan tugas akhir ini dapat dijelaskan melalui diagram alir atau flowchart di bawah ini :



Gambar III.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Prosedur Penelitian

1. Langkah awal adalah mengumpulkan dan mempelajari dasar teori/literatur dari buku maupun internet tentang pondasi tiang pancang
2. Mengumpulkan data bor tanah berupa data SPT (*Standard Penetration Test*) dan data profil struktur *slipway* beserta profil tiang pancangnya yaitu menggunakan WIKA *concrete spun piles* dengan diameter 0.5 m dengan tebal 0.09 m dengan permohonan izin kepada PT. Lintech Duta Pratama selaku pemilik galangan
3. Menganalisa pembebanan yang bekerja pada struktur *slipway* yang akan disalurkan ke pondasi tiang pancang yang terdiri dari beban mati, beban hidup, beban horizontal, dan formula untuk kombinasi pembebanannya (mengacu ke FEMA P550 *chapter 3*). Dan dianalisa pula tegangan serta momen yang terjadi pada tiang pancang tersebut. Data-data yang dibutuhkan untuk analisa ini antara lain :
  - Data profil balok, untuk balok ujung menggunakan balok D22-200 6D-25 dengan ukuran  $y,z = 0.5\text{m}, 0.25\text{m}$  ; sedangkan untuk balok utama menggunakan balok yang sama dengan ukuran  $y,z = 0.5\text{m}, 0.63\text{m}$
  - Data kapal acuan yaitu bisa mencapai 15000 DWT dan juga data dari *airbag* yang digunakan yaitu dari evergreen dengan diameter 1.5 m dengan 6 sampai 8 lapisan.
4. Melakukan permodelan struktur dengan *software* STAAD *pro* untuk mengetahui gaya-gaya yang terjadi beserta momen yang terjadi. Data-data yang dibutuhkan untuk input permodelan antara lain :
  - Beban dari pembalokan struktur *slipway* yang didapat dari analisa sebelumnya
  - Beban hidup berupa hasil perhitungan antara berat kapal kosong dibagi dengan hasil perhitungan *contact area airbag* pada permukaan landasan *slipway*
  - Hasil perhitungan gaya gesek dengan acuan kemiringan yang paling curam yang akan dimodelkan dengan mengenai permukaan tiang pancang
5. Menentukan daya dukung tiang pancang, baik yang vertikal maupun yang horizontal. Kapasitas daya dukung mengacu pada rekomendasi Braja (2011) sedangkan untuk perhitungan daya dukung horizontal menggunakan metode perhitungan Dunham (1962)

6. Menentukan aman atau tidaknya pondasi tiang pancang tersebut berdasarkan analisa dan perhitungan yang sudah dilakukan yang hasilnya berupa *safety factor*. Untuk Qall SF mengacu kepada rekomendasi Braja yaitu 2.5 sampai 4, untuk tegangan mengacu pada rekomendasi AS2159-1995 yaitu 2.12 sampai 3.44, untuk momen mengacu ke rekomendasi BS 8004: 1986 yaitu 2 sampai 3. Apabila tidak memenuhi dan dinilai tidak aman, maka harus kembali ke penginputan data awal dengan mengganti profil tiang pancang dan memodelkan kembali.
7. Perubahan profil yaitu dilakukan pengecilan pada profil tiang pancangnya dari yang berdiameter 0.5 m dengan tebal 0.09 m *class* A1 menjadi yang berdiameter 0.4 m dengan tebal 0.075 m *class* A2 (masih dengan WIKA *concrete spun piles*)
8. Pembahasan dan kesimpulan berupa perbandingan hasil analisa berupa *safety factor* dari kapasitas daya dukung, tegangan serta konsentrasinya, dan momen antara struktur di lapangan saat ini dengan hasil setelah dilakukan perubahan profil pada struktur tiang pancang



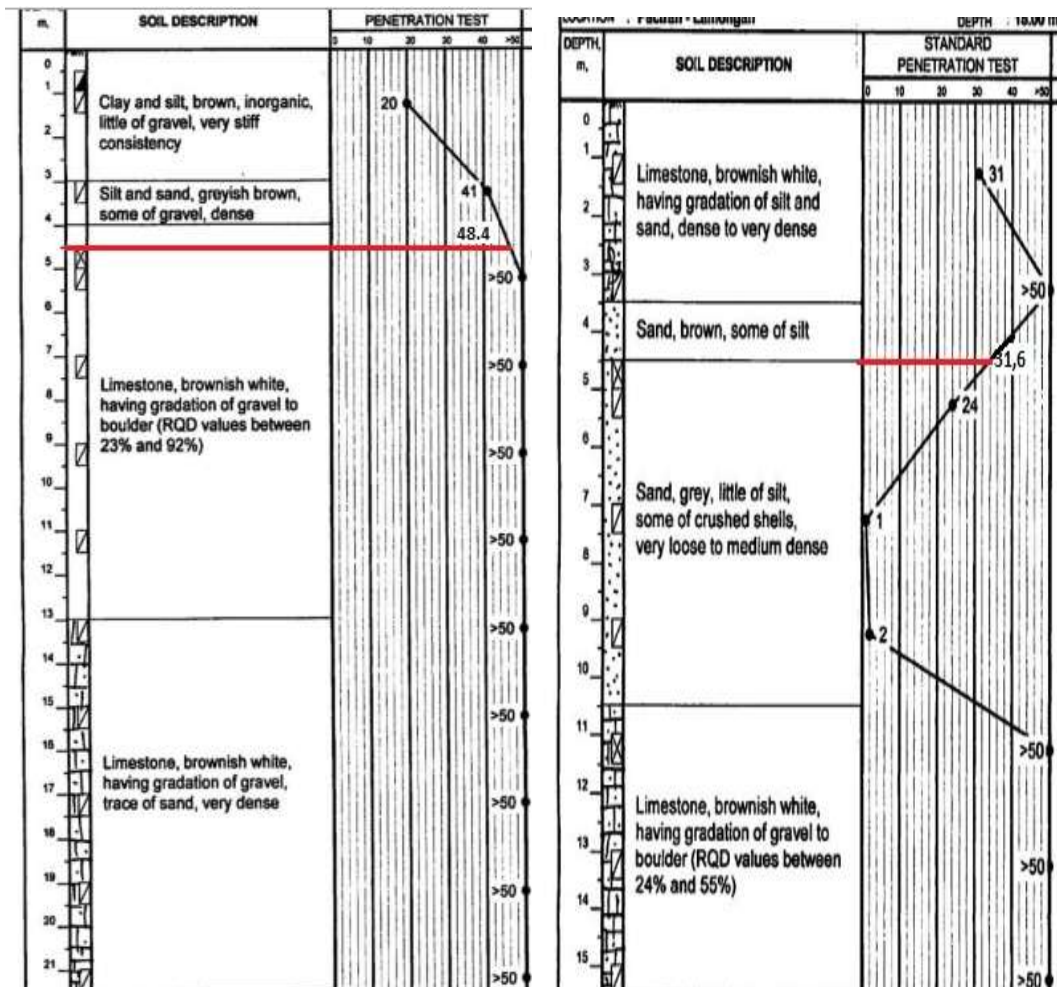
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisa Data Bor Tanah

Pengeboran untuk memperoleh data tanah dilakukan di dua titik, yaitu DB1 dan DB2. Seperti pada gambar 4.2 bahwa titik DB1 berada di pangkal *slipway* dan DB2 berada di ujung *slipway*. Kemudian dari dua titik tersebut diperoleh data tanah *bor log* yang menunjukkan nilai N-SPT dan karakteristik tanah di tiap kedalaman. Sehingga dapat diketahui nilai N-SPT nya dan dapat digunakan dalam analisa pondasi ke tahap berikutnya, sedangkan data tanah yang dipilih adalah yang nilai N-SPT pada kedalaman ujung tiang pancang yang nilainya paling kecil.



Gambar IV.1 Data tanah DB 1(kiri) dan DB 2 (kanan)

Dari Gambar di atas dapat diketahui dari garis merah yaitu nilai N-SPT yang paling kritis pada kedalaman ujung tiang adalah DB 2. Sehingga data tanah yang digunakan untuk analisa selanjutnya adalah data tanah DB 2. Untuk data tanah lengkapnya terdapat di lampiran. Diketahui pula dari data tanah yang diberikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \gamma (\text{massa jenis}) &= 1.99 \text{ kg/cm}^3 \\ &= 1990 \text{ ton/m}^3 \\ \phi (\text{sudut geser}) &= 35^\circ \end{aligned}$$



Gambar IV.2 Titik Pengeboran Untuk Memperoleh Data Bor Tanah

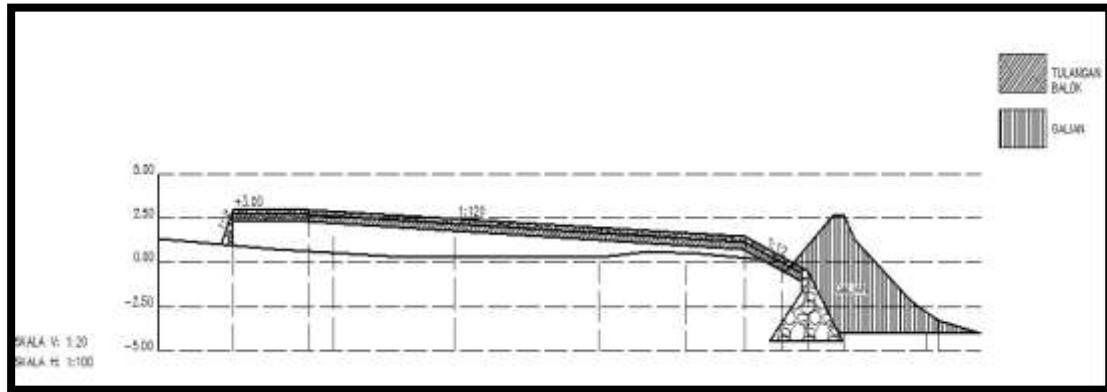
## 4.2 Struktur Slipway dan Tiang Pancang yang Dianalisa

Untuk analisa ke struktur pondasi tiang pancangnya, harus terlebih dahulu memahami tentang struktur *slipway*nya terlebih dahulu karena akan berhubungan dengan beban-beban yang terjadi yang kemudian akan diteruskan ke tiang pancang. *Slipway* yang dianalisa merupakan *slipway* tipe sistem *airbag* yang terdiri atas sistem *girder* / pembalokan, pelat lantai beton sebagai lantainya, sistem *winch* untuk menarik kapal, dan juga sistem *airbag* sebagai alas kapal saat turun maupun naik saat di landasan *slipway*.

Berikut data dimensi *slipway*nya :

Panjang = 205 m

Lebar = 40 m



Gambar IV.3 Long Section Struktur Slipway

Sesuai gambar 4.3 , struktur *slipway* yang akan dianalisa memiliki landasan dengan *slope* atau kemiringan yang berbeda-beda sesuai yang diberikan dari lapangan yaitu dengan *slope* 1 : 120 dan di ujungnya dengan *slope* 1 : 12 terdapat pula sebuah struktur penahan tanah akan tetapi tidak diberikan datanya dan tidak perlu dianalisa. Untuk ukuran tiang pancangnya yaitu sesuai dengan yang diberikan di lapangan yaitu tiang pancang berpenetrasi hingga kedalaman -4.5m. Berikut data dimensi tiang pancangnya:

Panjang = 7 m

Panjang Penetrasi = 4.5 m

Diameter = 0.5 m

Ketebalan = 0.09 m

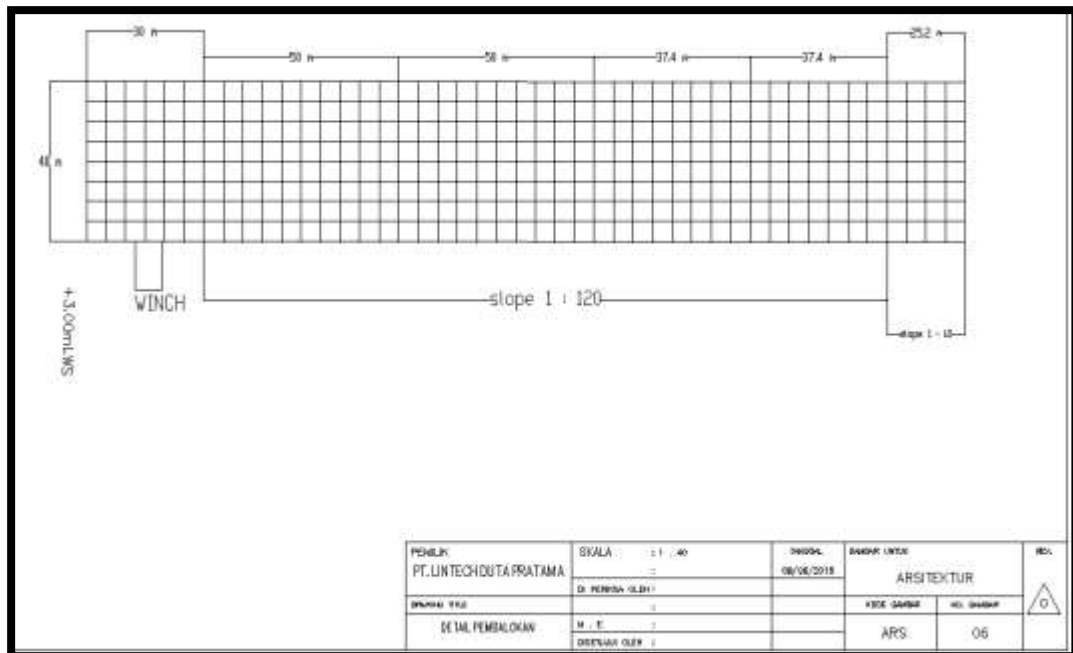
Jarak antar tiang = 5 m

Setiap profil penyusun pada struktur *slipway* ini sudah diberikan oleh pemilik seperti detail pembalokan, profil tiang pancang yang dipilih, dan juga jenis kapal yang digunakan sebagai parameter maksimum kapasitas *slipway* atau kapasitas *docking* galangan. Untuk gambar tiang pancang *spun piles* yang lebih jelas, pada gambar 4.5 yaitu berupa *lay out* tiang pancang *spun piles* yang digunakan.

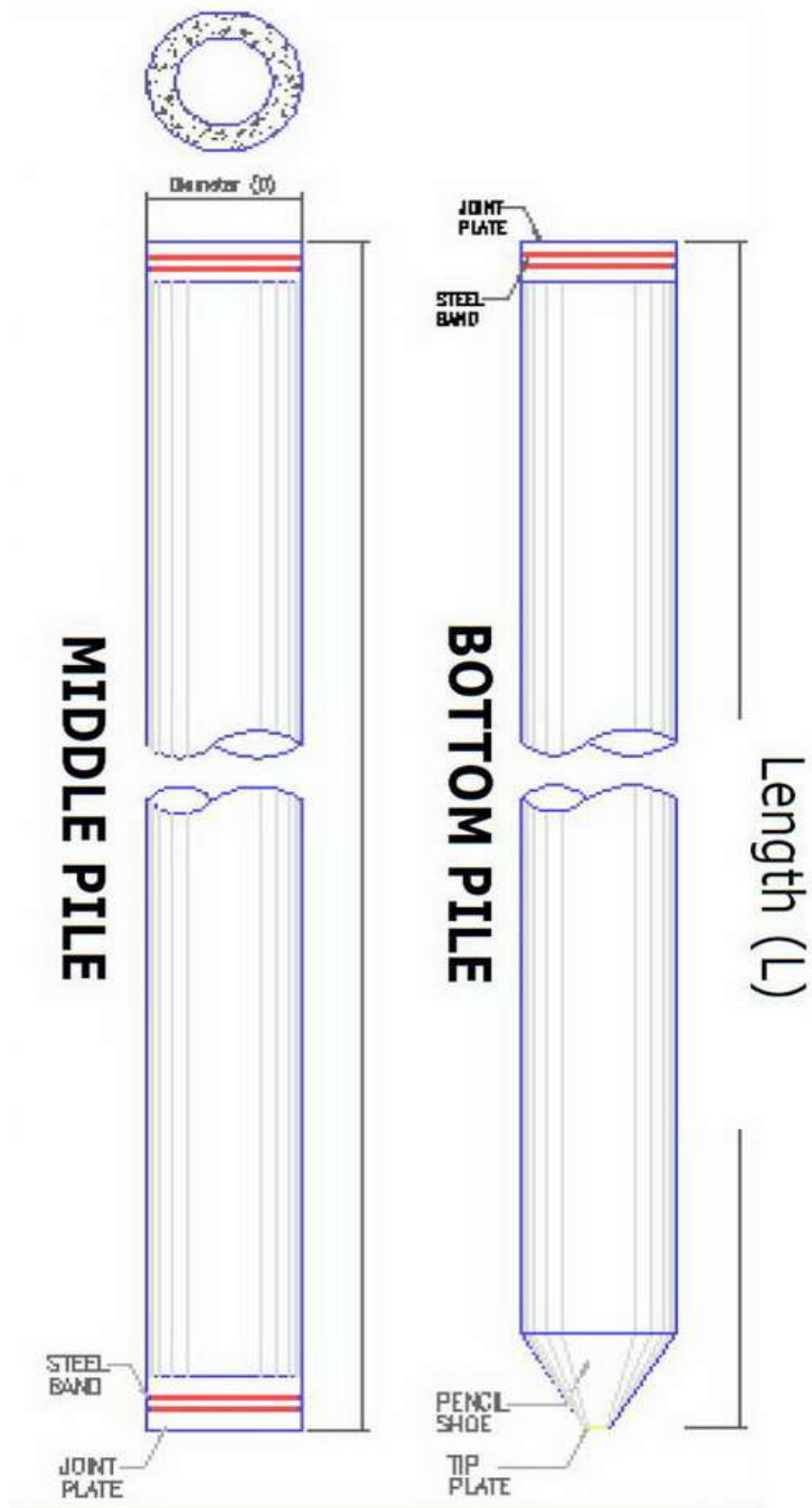
Tabel IV.1 Profil Tiang Pancang yang Digunakan (WKA *Spun Piles Classification*)

Outside Diameter(D) (mm)	Wall Thickness (t) (mm)	Class	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Length (L) (m)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
400	75	A2	766	191	6-16	5,5	8,25	121,1
		A3				6,5	9,75	117,6
		B				7,5	13,5	114,4
		C				9	18	111,5
450	80	A1	930	232	6-16	7,5	11,25	149,5
		A2				8,5	12,75	145,8
		A3				10	15	143,8
		B				11	19,8	139,1
		C				12,5	25	134,9
		A1				10,5	15,75	185,3
500	90	A2	1159	290	6-16	12,5	18,75	181,7
		A3				14	21	178,2
		B				15	27	174,9
		C				17	34	169
600	100	A1	1571	393	6-16	17	25,5	252,7
		A2				19	28,5	249
		A3				22	33	243,2
		B				25	45	238,3
		C				29	58	229,5

Ket :   Material tiang pancang yang digunakan



Gambar IV.4 Detail Pembalokan Struktur Tampak Atas

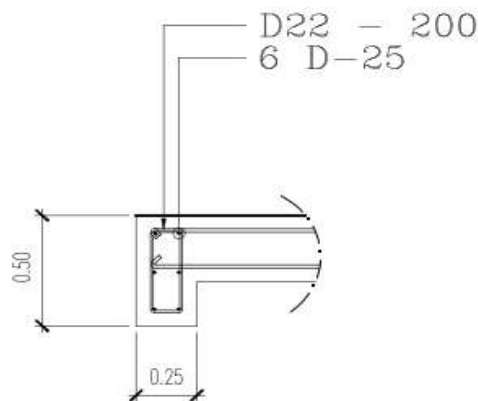


Gambar IV.5 Tampilan *lay out* tiang pancang *spun piles*

### 4.3 Analisa Pembebanan

#### 4.3.1 Beban Mati

Beban mati yaitu beban akibat *selfweight* dari pembalokan dan juga berat lantai beton yang ada pada landasan *slipway*. Berat dari profil girder dan berat lantai beton dapat diperoleh dari data profil yang sudah diberikan oleh pihak perusahaan. Untuk lantai betonnya memiliki tebal sebesar 30 cm atau 0.3 m dan memiliki tulangan tertentu (beton bertulang) , sehingga pada setiap 1 m<sup>2</sup> luasan permukaan memiliki massa sebesar 720 kg/m<sup>2</sup>. Untuk pembalokan digunakan dua tipe profil yang berbeda yaitu pada ujung *slipway* dan pada luasan permukaan utama *slipway*. Berikut penjelasan tentang profil girder:



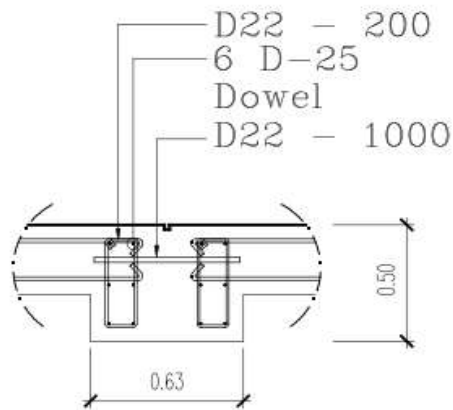
Gambar IV.6 Detail Profil Girder Ujung *Slipway*

Dari gambar 4.5 dapat diketahui bahwa profil girder pada ujung *slipway* memiliki besi tulangan berdiameter 22mm dengan jarak antar tulangan sejauh 200mm dan ada 6 buah besi ulir di dalamnya yang berdiameter 25mm. Jadi, untuk mengetahui massanya, perlu dihitung terlebih dahulu massa dari baja tulangan kemudian baru dijumlahkan dengan massa beton. Sehingga :

$$\begin{aligned}\text{Volume besi tulangan} &= \pi \times r^2 \times p \\ &= 0.000491 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Karena ada 6 buah besi ulir maka volumenya dikalikan 6 pula sebesar 0.002944 m<sup>3</sup>. Maka dapat diketahui massa baja tulangannya dengan dikalikan massa jenis baja menjadi 23.108 kg. Begitu pula dengan massa betonnya, volume beton dikalikan dengan massa

jenis beton cor sehingga diperoleh massa beton cor sebesar 292.935 kg. Jadi, massa girder ujung *slipway* adalah 316.043 kg setiap 1 m panjang. Begitu pula dengan girder inti, dengan cara perhitungan yang sama tapi ukurannya berbeda maka diketahui massanya sebesar 772.043 kg setiap 1 meter panjang.



Gambar IV.7 Detail Profil Girder Inti *Slipway*

#### 4.3.2 Beban Hidup

Sebagaimana dijelaskan pada subbab 2.3, maka diperlukan data kapal yang dijadikan parameter maksimum pada pembebanan struktur ini. Berikut data parameter kapalnya:

Tabel IV.2 Data Kapal

DWT	15000 ton
LOA	112.5 m
LPP	75 m
D penuh	6.5 m
D kosong	3.25 m
B moulded	30 m
Cb	0.56

Maka berdasarkan persamaan 2.2, dapat diketahui berat kosong kapal yaitu sebesar 4095 ton. Kemudian dalam menentukan jumlah airbag, dari evergreen ltd memberikan sebuah rumus sebagai berikut :



$$N = K_1 \frac{Q \times g}{C_B \times R \times L_d}$$

- N = Jumlah *airbags* (pcs)  
 K1 = Nilai konstanta 1,2 ~ 1,3  
 Q = Berat kapal yang akan dinaikkan; ton  
 g = Akselerasi gravitasi; (m/s<sup>2</sup>)  
 Cb = Koefisien blok kapal  
 R = Garansi kekuatan bantalan *airbags* per satuan meter panjang dari *airbags*; KN/m (nilai dapat dilihat pada tabel 2)  
 Ld = Panjang kontak antara *airbags* dengan alas lambung kapal pada *parallel middle body* (m)

Kemudian, dapat diketahui untuk kapal seperti data yang diberikan yaitu dibutuhkan 50 airbag yang ukurannya dipilih dengan diameter 1.5 meter dengan lapisan yang berjumlah antara 6 sampai 8 lapisan.

Maka dengan memasukkan jumlah dan ukuran *airbag*, dapat diketahui *contact area* nya dengan persamaan 2.3 yang hasilnya sebesar 117.75 m<sup>2</sup>. Selanjutnya tinggal memasukkan berat kapal kosong dan *contact area* ke persamaan 2.1, maka beban hidup yang terjadi sebesar 34777.07 kg/m<sup>2</sup> atau 34.77 ton/m<sup>2</sup>.

#### 4.3.3 Beban Kombinasi

Kombinasi pembebanan untuk dimasukkan ke aplikasi STAAD Pro mengacu kepada rekomendasi FEMA P550 chapter 3 “*Recommended Residential Construction for Coastal Areas: Building on Strong and Safe Foundations*” yaitu dengan memilih rekomendasi untuk *strength design*. Berikut persamaan kombinasi bebannya :

$$1.2D + 1.6 (L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (L \text{ or } 0.8W) \dots \dots \dots \text{Persamaan IV.1}$$

Dimana;

- D = Beban Mati  
 L = Beban Hidup  
 Lr = Beban Hidup Permukaan  
 S = Beban Salju  
 R = Beban Hujan

W = Beban Angin

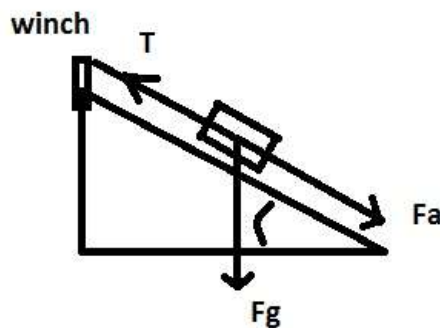
Karena penulis tidak menghitung S, R, dan W sedangkan Lr diasumsikan beban gesek permukaan. Maka kombinasi pembebanannya menjadi:

$$1.2D + 1.6Lr + L \dots \dots \dots \text{Persamaan IV.2}$$

Maka diperoleh beban kombinasinya sebesar 264.1 ton.

#### 4.3.4 Beban Horizontal Berupa Gaya Gesek

Sebagaimana dijelaskan pada subbab 2.3 tentang pembebanan, bahwa *British Standard 6349 part 3*, 1988 sudah menjelaskan jika pembebanan pada *slipway dock* dibedakan menjadi 4 bagian yaitu pembebanan akibat kapal saat berada pada bidang datar, pembebanan akibat kapal saat berada di pangkal *slipway* (sudah mulai meluncur pada landasan miring), pembebanan akibat kapal saat tengah meluncur dalam kondisi kering, dan pembebanan akibat kapal saat di ujung *slipway* yang sudah terkena gaya angkat dari air laut. Dari keempat pembebanan tadi, penulis cukup mengambil dari beban terbesar saja yaitu pada kondisi meluncur kering pada kemiringan yang paling curam yaitu pada slope 1 : 12 (sudut  $4.76^\circ$ ). Berikut ilustrasi gaya-gaya yang terjadi :



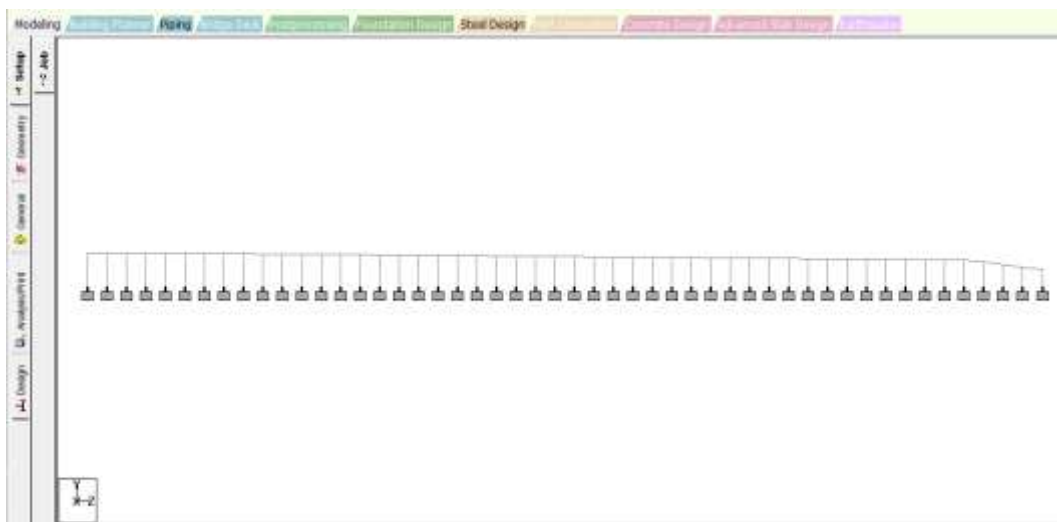
Gambar IV.8 Gaya-gaya yang Terjadi Pada Bidang Miring *Slipway*

Dari gambar 4.7 dapat diketahui gaya-gaya yang bereaksi saat kapal meluncur dalam kondisi kering pada kemiringan slope 1 : 12. Dimana gaya gesek merupakan hasil perkalian dari gaya normal dan koefisien gesek, sehingga dihitung terlebih dahulu Fg (gaya Normal) yaitu beban kapal kosong dikalikan dengan  $\cos (4.76^\circ)$  hasilnya sebesar 4078.62

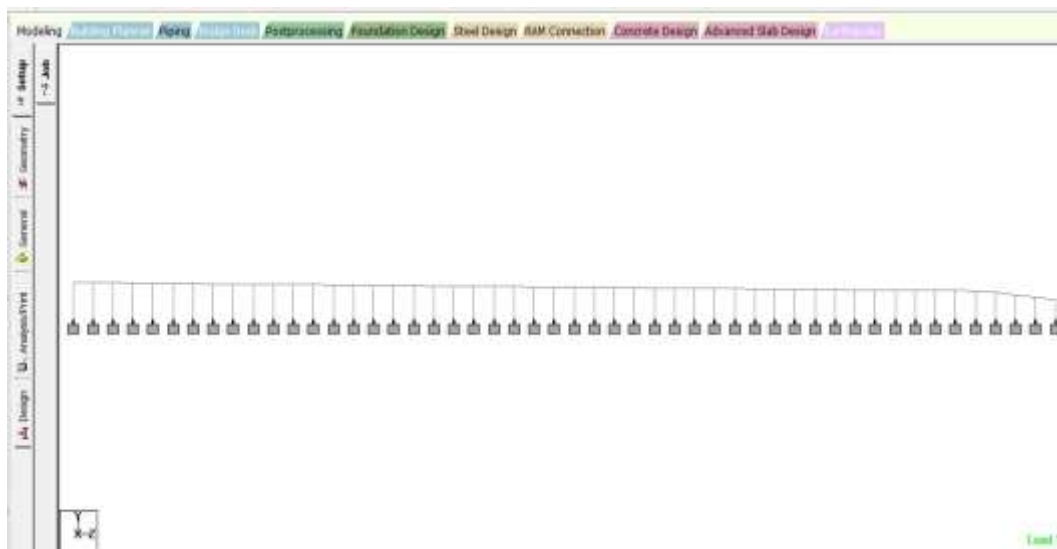
ton. Untuk koefisien gesek ditetapkan 0.035 untuk gesekan airbag terhadap lantai beton. Jadi, gaya gesek yang terjadi pada ujung permukaan slipway yaitu sebesar 142.75 ton.

#### 4.4 Permodelan Struktur dengan Aplikasi STAAD Pro

Pada tahap permodelan struktur slipway ini, terdapat beberapa kendala yang mengharuskan penulis sedikit merubah bentuk dari *slipway* yang asli di lapangan (lihat gambar 4.8). Hal tersebut dikarenakan pada saat dilakukan input beban, beban tidak dapat terdistribusi merata antara bidang yang datar dan bidang yang miring. Oleh karena itu, dilakukan perubahan dengan memiringkan pula bidang datarnya (lihat gambar 4.9).

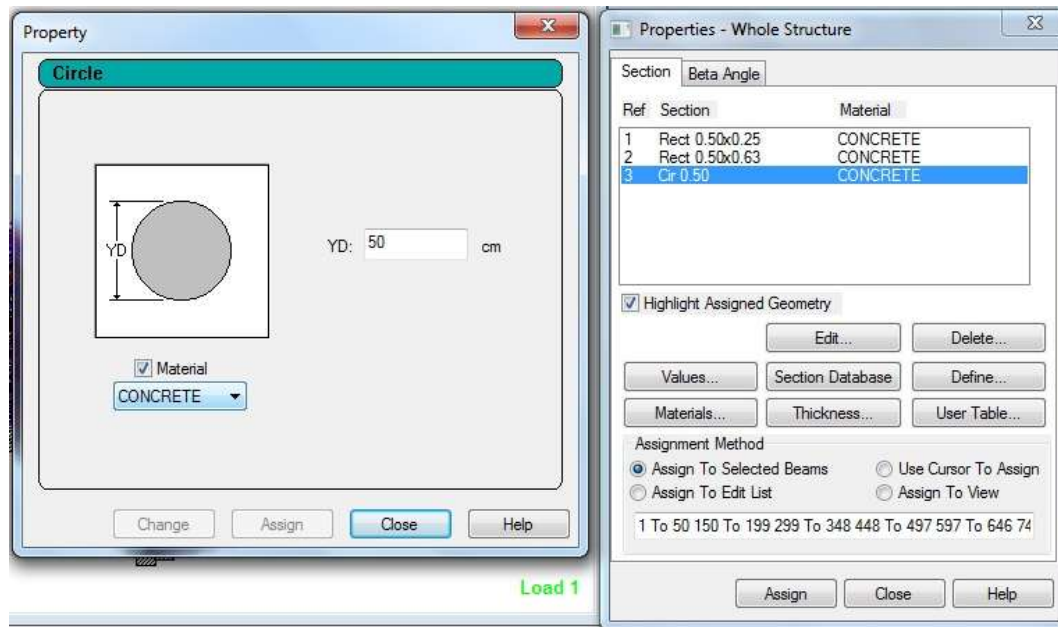


Gambar IV.9 Model Awal Sesuai yang Ada di Lapangan

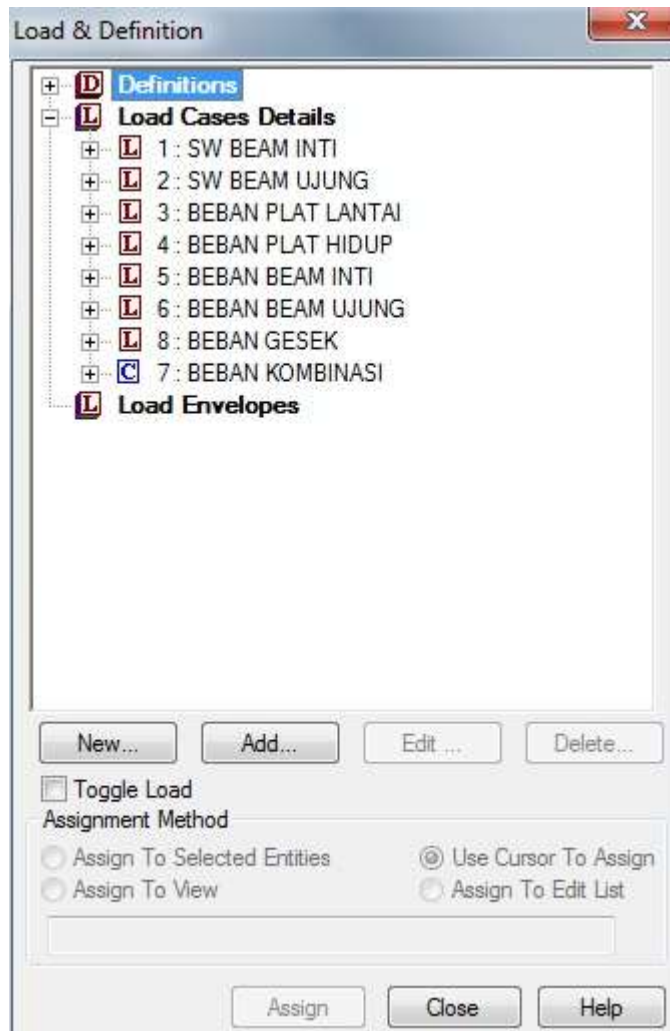


Gambar IV.10 Model yang Sudah Dimodifikasi Oleh Penulis

Setelah memodelkan struktur, kemudian diinputkan data profil girder dan juga tiang pancangnya seperti pada gambar 4.11 . Lalu tinggal diinputkan beban beban yang sudah dihitung tadi seperti pada gambar 4.12.



Gambar IV.11 Contoh Gambar Input Profil Tiang Pancang Pada STAAD Pro



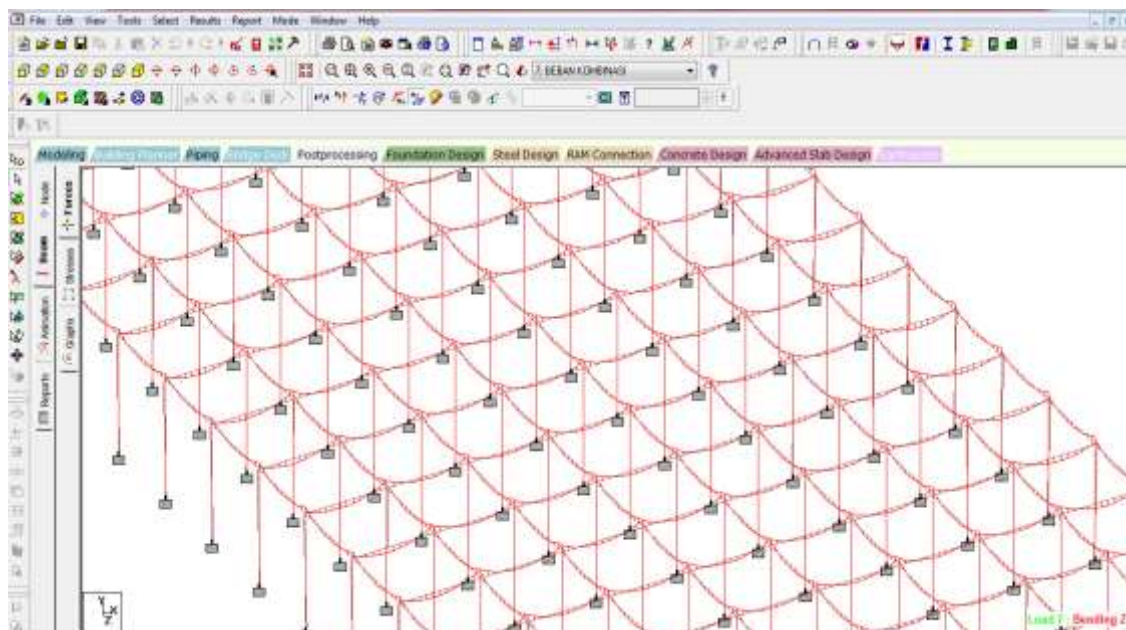
Gambar IV.12 Beban-bekan yang Diinputkan Pada Struktur di STAAD Pro

Untuk beban kombinasinya, ditentukan sesuai pada manual STAAD Pro, untuk beban mati memiliki faktor 1.2 dan untuk beban hidup memiliki faktor 1.6 . Dalam tahap ini sebelum *running* harus ditentukan dahulu standar *concrete* nya, maka dipilih material beton sesuai standar *Concrete ACI 2011* dengan segala parameter-parameternya. Error pada saat *running* yang dialami pada permodelan ini terjadi antara lain akibat beban tidak terbaca, ada girder atau pile yang menumpuk, profil girder tidak kuat menahan beban hidup yang terjadi karena struktur tidak kontinyu, dan juga ada parameter dari material beton yang salah input atau tidak sesuai dengan standar yang dipilih.

Untuk output yang dihasilkan pada aplikasi ini ada dua bentuk, yaitu bentuk report yang berupa tabel dan data seperti gambar 4.13 kemudian ada yang berbentuk macam-macam diagram seperti pada gambar 4.14 .

Displacement	Reactions	Beam	L/C	Section	Axial Force kg	Shear-Y kg	Shear-Z kg	Torsion kNm	Moment-Y kNm	Moment-Z kNm
		194	7	0.500	20128.905	39.966	35.872	0.028	0.029	0.448
		194	7	0.917	20128.905	39.966	35.872	0.028	1.122	-0.770
		194	7	0.833	20128.905	39.966	35.872	0.028	0.904	-0.526
		194	7	0.750	20128.905	39.966	35.872	0.028	0.685	-0.283
		194	7	0.667	20128.905	39.966	35.872	0.028	0.467	-0.039
		194	7	0.583	20128.905	39.966	35.872	0.028	0.248	0.204
		194	7	0.417	20128.905	39.966	35.872	0.028	-0.189	0.692
		194	7	0.333	20128.905	39.966	35.872	0.028	-0.408	0.935
		194	7	0.250	20128.905	39.966	35.872	0.028	-0.627	1.179
		194	7	0.167	20128.905	39.966	35.872	0.028	-0.845	1.422
		194	7	0.083	20128.905	39.966	35.872	0.028	-1.064	1.666
		194	7	0.000	20128.905	39.966	35.872	0.028	-23.681	1.910
		194	7	1.000	20128.905	39.966	35.872	0.028	1.341	-1.014
		1088	7	0.083	20128.062	-35.057	44.117	0.002	-1.287	-1.523
		1088	7	0.167	20128.062	-35.057	44.117	0.002	-1.018	-1.309
		1088	7	0.250	20128.062	-35.057	44.117	0.002	-0.749	-1.095
		1088	7	0.333	20128.062	-35.057	44.117	0.002	-0.480	-0.882
		1088	7	0.417	20128.062	-35.057	44.117	0.002	-0.211	-0.668
		1088	7	0.500	20128.062	-35.057	44.117	0.002	0.058	-0.454
		1088	7	1.000	20128.062	-35.057	44.117	0.002	1.671	0.828
		1088	7	0.583	20128.062	-35.057	44.117	0.002	0.327	-0.241
		1088	7	0.667	20128.062	-35.057	44.117	0.002	0.596	-0.027
		1088	7	0.750	20128.062	-35.057	44.117	0.002	0.865	0.187
		1088	7	0.833	20128.062	-35.057	44.117	0.002	1.133	0.400
		1088	7	0.917	20128.062	-35.057	44.117	0.002	1.402	0.614
		1088	7	0.000	20128.062	-35.057	44.117	0.002	-23.954	-1.736
		151	7	0.500	19520.576	82.280	-80.567	0.088	1.243	0.600
		151	7	1.000	19520.576	82.280	-80.567	0.088	-0.525	-1.206
		151	7	0.917	19520.576	82.280	-80.567	0.088	-0.230	-0.905
		151	7	0.833	19520.576	82.280	-80.567	0.088	0.064	-0.604
		151	7	0.750	19520.576	82.280	-80.567	0.088	0.359	-0.303

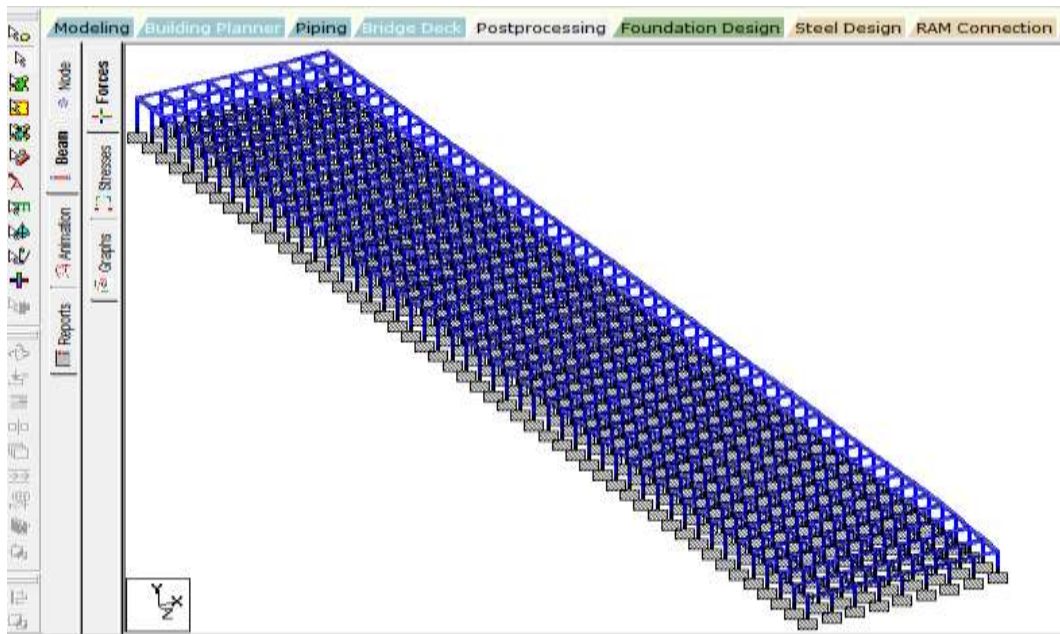
Gambar IV.13 Contoh Report Pada Tiang Pancang Diurutkan dari yang Mengalami *Axial Force* Terbesar ke Terkecil



Gambar IV.14 Contoh Output Berupa Diagram Momen Arah Sumbu Z dengan Beban Kombinasi



Jika ditampilkan secara keseluruhan maka akan nampak berupa tampilan tiga dimensinya seperti dilihat pada gambar 4.14 berikut ini.



Gambar IV.15 *Whole Structure Slipway* Tampilan Tiga Dimensi

#### 4.5 Analisa Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang dan Tegangan yang Terjadi

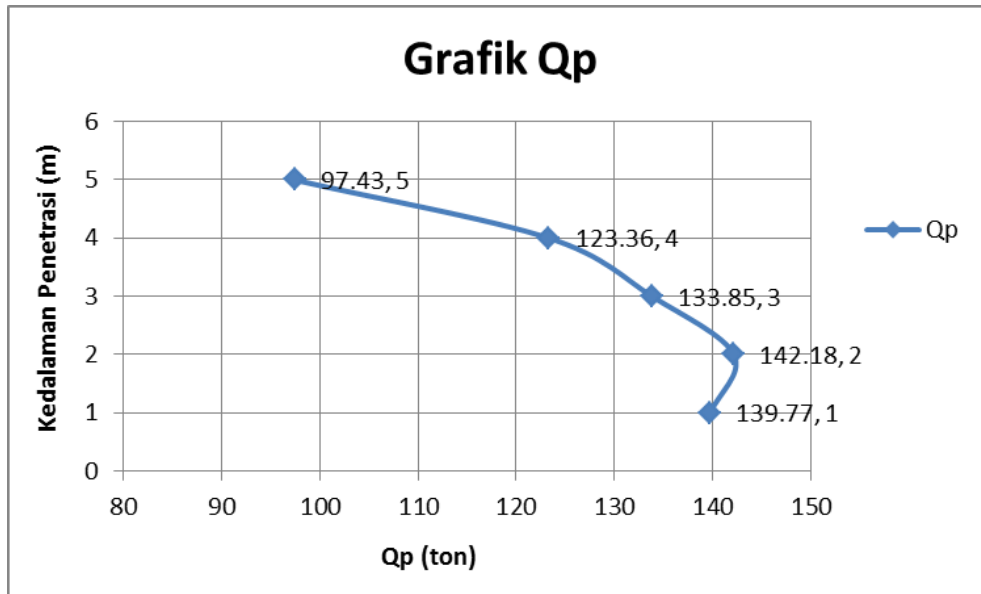
Kapasitas daya dukung pada ujung tiang pancang dan daya dukung friksi menggunakan metode Luciano Decourt sesuai persamaan 2.7 dan 2.8. Sedangkan untuk *axial force* terbesar dapat diketahui dari aplikasi STAAD Pro yaitu pada tiang pancang nomor 194 sebesar 20.1 ton, maka tinggal dimasukkan saja ke persamaan tersebut. Maka didapatkan nilai :

$$Q_p \text{ (Kapasitas daya dukung ujung tiang)} = 103.4 \text{ ton}$$

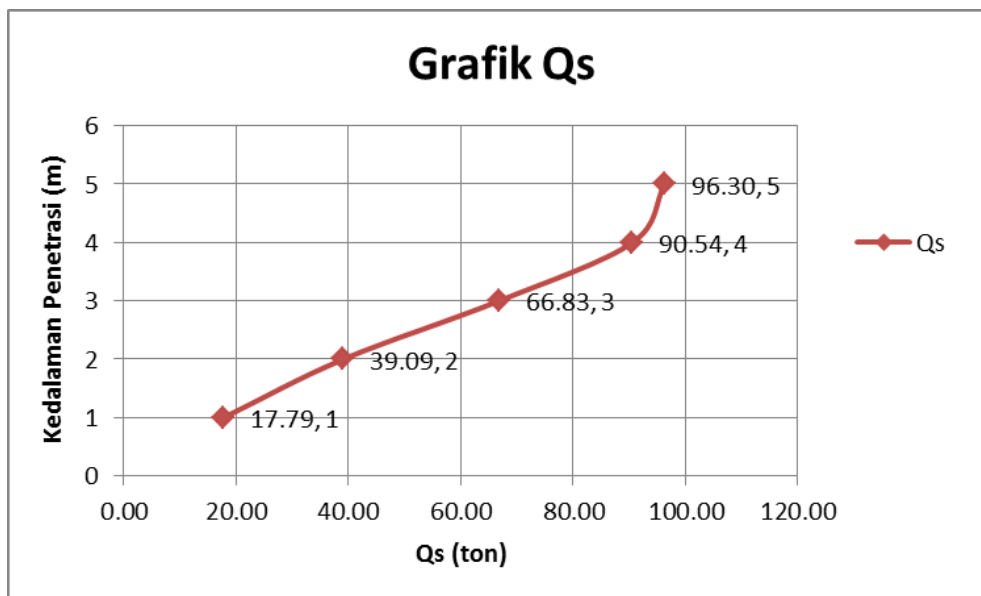
$$Q_s \text{ (Kapasitas daya dukung gesek)} = 96.3 \text{ ton}$$

$$\text{Maka } Q_u \text{ (Kapasitas daya dukung ultimate)} = 199.7 \text{ ton}$$

Dianalisa pula kapasitas daya dukung pada tiap tiap kedalamannya baik  $Q_s$  maupun  $Q_p$ , berikut grafiknya :



Gambar IV.16 Gambar Grafik Kapasitas Daya Dukung Ujung Tiang Pancang



Gambar IV.17 Gambar Grafik Kapasitas Daya Dukung Lekatan Tiang Pancang

Dihitung pula gaya horizontal yang diperbolehkan terjadi pada tiang pancang dengan menggunakan metode perhitungan oleh Dunham (1962) dengan sedemikian rupa (perhitungan lengkap terdapat di lampiran) sesuai persamaan 2.10 pada sub bab 2.4.3 . Setelah memasukkan variabel-variabel dari data tanah dan memperhitungkan *safety factor*

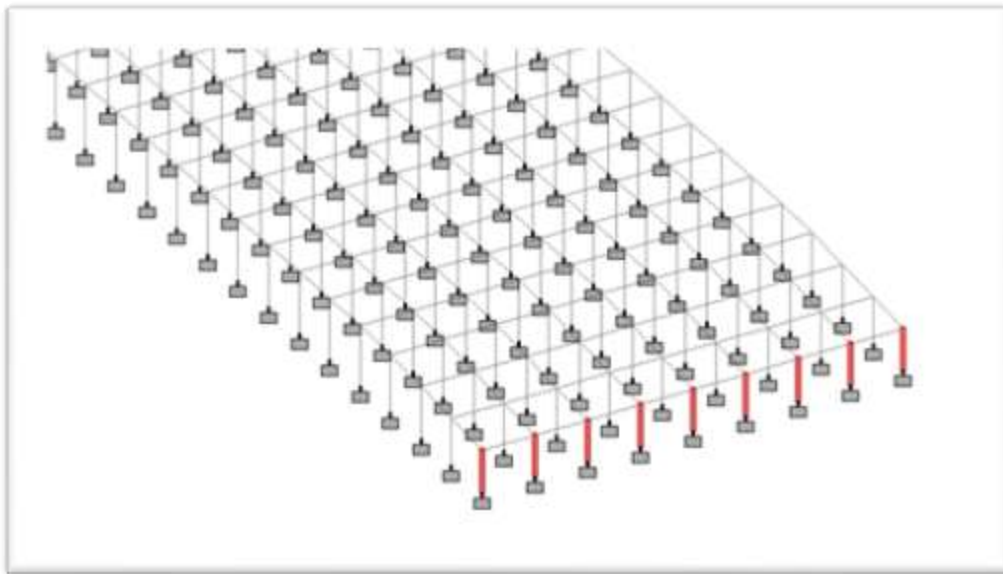


seperti pada subbab 2.6, maka diketahui bahwa struktur pondasi tiang pancang mampu menahan beban horizontal sebesar 297434 ton.

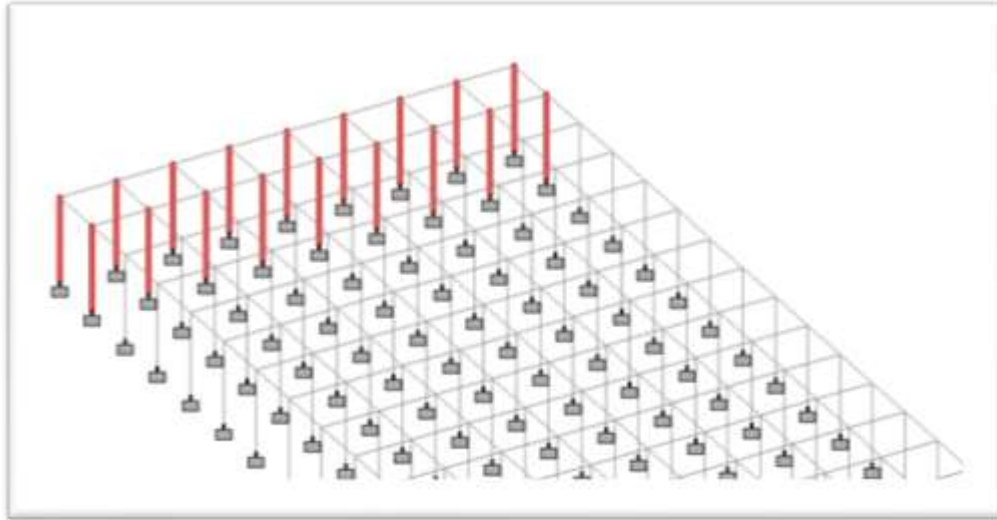
Untuk momen maksimum yang terjadi pada tiang pancang diketahui dari hasil output aplikasi STAAD Pro yaitu diketahui pada tiang pancang nomor 2 sebesar 13.65 KN.m atau 1.53 Ton.m arah sumbu z. Kemudian tegangan aktual terbesar yang terjadi yaitu diketahui dari aplikasi STAAD Pro pada tiang pancang nomor 1044 yaitu sebesar  $322.84 \text{ ton/m}^2$ .

#### 4.6 Analisa Konsentrasi Tegangan

Rata-rata besar tegangan yang terjadi pada tiang pancang yaitu sebesar  $2.6 \text{ N/mm}^2$  atau  $265.12 \text{ ton/m}^2$  dikecualikan pada tiang pancang barisan paling ujung dan dua baris paling pangkal yang mengalami konsentrasi tegangan. Pada barisan paling ujung, rata-rata tegangan yang terjadi adalah sebesar  $3.1 \text{ N/mm}^2$  atau  $316.112 \text{ ton/m}^2$  (lihat gambar 4.18). Adapun pada dua barisan paling pangkal rata-rata tegangan yang terjadi adalah sebesar  $2.9 \text{ N/mm}^2$  atau  $295.7 \text{ ton/m}^2$  (lihat gambar 4.19).



Gambar IV.18 Barisan Tiang Paling Ujung



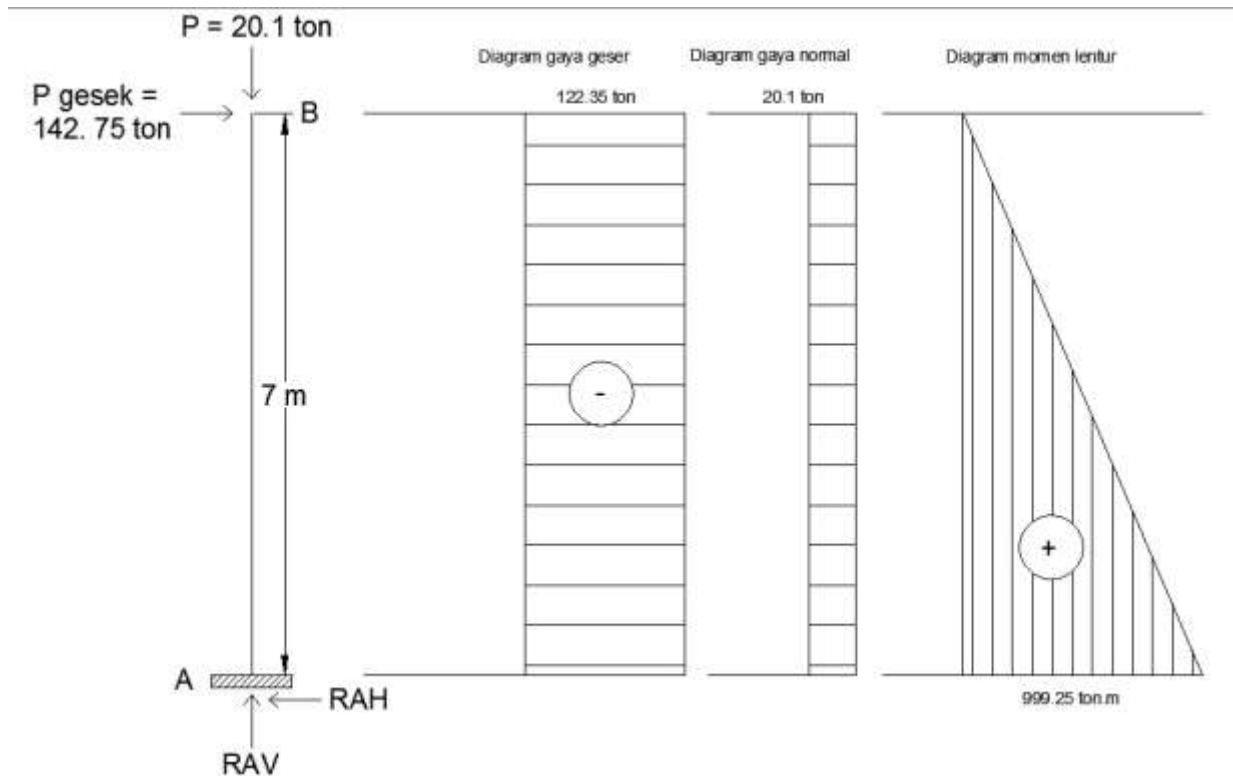
Gambar IV.19 Dua Barisan Tiang Pancang Paling Belakang

Tegangan yang besar pada ujung dan pangkal *slipway* diperkirakan disebabkan karena di lapangan terdapat sebuah struktur tambahan berupa penahan tanah pada ujung dan pangkal *slipway*. Akan tetapi, karena keterbatasan penulis sehingga struktur penahan tersebut tidak dimodelkan. Struktur penahan yang berada di lapangan memungkinkan pula dalam menahan beban horizontal berupa beban gesek pada permukaan *slipway*, karena beban gesek yang terjadi cukup besar pengaruhnya terhadap gaya aksial yang terjadi (sekitar bertambah 2 ton ketika ditambahkan beban gesek).

Konsentrasi tegangan juga dapat terjadi akibat adanya perubahan dimensi pada sebuah struktur (ketidak kontinu), hal ini menyebabkan penulis mengira bahwa tegangan terbesar akan ada pada tiang pancang yang berada tepat di bawah struktur yang mengalami perubahan kemiringan. Akan tetapi, tiang pancang pada posisi tersebut tidak mengalami kenaikan tegangan. Hal tersebut dimungkinkan karena perubahan kemiringan yang tidak terlalu signifikan.

#### 4.7 Diagram Gaya Pada Tiang Pancang

Diagram gaya yang dihitung dan digambarkan berupa diagram gaya geser, diagram gaya normal, dan diagram momen lentur sebagai berikut :



Gambar IV.20 Diagram Gaya Tiang Pancang

$$\sum V = 0$$

$$RAV - 20.1 = 0$$

$$RAV = 20.1 \text{ ton } (\downarrow)$$

$$\sum MB = 0$$

$$RAH \cdot 7 - 142.75 = 0$$

$$RAH \cdot 7 = 142.75$$

$$RAH = 142.75 / 7 = 20.4 \text{ ton } (+)$$

#### 4.8 Menentukan Aman Tidaknya Pondasi Tiang Pancang

Sebuah struktur pondasi tiang pancang dapat dikatakan aman jika memenuhi beberapa syarat seperti yang sudah dituliskan pada bab 2, baik memenuhi dalam syarat kapasitas daya dukung vertikal, horizontal, maupun syarat momen maksimum dan juga tegangan. Berikut pembahasannya :

Untuk Qall vertikal maupun horizontal maka sesuai persamaan 2.15 :

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{FS}$$

Qu merupakan penjumlahan antara Qp dan Qs dimana sebesar 199.7 ton. Sedangkan untuk *safety factor* diambil sebesar 3. Jadi untuk Q all vertikal sebesar 66.56 ton. Syarat amannya adalah :

$Q_{all} \geq P$  ;  $P = axial\ force$  terbesar yang terjadi

66,56 ton  $\geq$  20.1 ton , SF = 3.31 (SF Braja: 2.5 – 4, AMAN)

Untuk Q all horizontalnya sama, akan tetapi Qu diganti dengan H ijin dan P diganti dengan H aktual yang terjadi, *safety factor* diambil sebesar 3 pula. Syarat amannya adalah :

$Q_{all} \geq H\text{ aktual}$  ; H aktual diambil dari beban akibat gaya gesek pada subbab 4.3.3

297434.1 ton  $\geq$  142.75 ton , SF = 2083.6 (AMAN)

Begitu juga dengan momen maksimum yang terjadi dan juga tegangan aktual yang terjadi, tidak boleh melebihi dari momen maksimum maupun tegangan yang diijinkan sesuai dengan data profil tiang pancang yang sudah diberikan. Merujuk kepada persamaan 2.12 dan 2.11, maka disyaratkan :

Momen maks ijin > Momen maks yang terjadi

Dimana;

Momen maks ijin diketahui dari tabel 4.1 sesuai data WIKA yaitu sebesar 15.75 ton.m dan momen maks yang terjadi akibat beban horizontal didapat dari output report aplikasi

STAAD Pro yaitu pada tiang pancang nomor 2 arah sumbu z sebesar 13.652 KN.m atau 1.535 ton.m. Jadi :

$15.75 \text{ ton.m} > 1.535 \text{ ton.m}$  , SF = 10.2 (SF BS8004 th 1986: 2 - 3, AMAN)

Begitu pula dengan tegangan ijin, didapatkan dari hasil *allowable axial force* pada tabel 4.1 yaitu sebesar 185.3 ton dibagi dengan luas penampang tiang pancang. Maka syaratnya :

$\sigma \text{ ijin} > \sigma \text{ aktual yang terjadi}$

$1311.4 \text{ ton/m}^2 > 322.84 \text{ ton/m}^2$  , SF = 4.1 (SF AS2159-1995: 2.12 – 3.44, AMAN)

#### **4.9 Safety Factor Tegangan Tiang Pancang**

Berdasarkan hasil perbandingan tegangan ijin pada profil tiang pancang tipe spun piles tipe WIKA OD 0.5 m class A1 dengan tegangan aktual yang terjadi maka didapatkan nilai *safety factor* sebesar 4.1. Tentunya, nilai tersebut masih lebih besar jika mengacu pada syarat SF dari *codes* AS2159-1995 yaitu 2.12 sampai 3.44. Oleh karena itu, struktur tiang pancang yang ada di lapangan saat ini dinilai aman namun *overdesign*.

#### **4.10 Optimasi Perubahan Profil Tiang Pancang**

Seperti yang sudah dijelaskan pada subbab 4.9 bahwa profil tiang pancang yang digunakan di lapangan saat ini dinilai *overdesign* dikarenakan SF nya masih jauh di atas nilai SF yang direkomendasikan oleh *codes* AS2159-1995. Jadi, dilakukan pengecilan pada profil tiang pancangnya dari yang berdiameter 0.5 m dengan tebal 0.09 m *class* A1 menjadi yang berdiameter 0.4 m dengan tebal 0.075 m *class* A2 (masih dengan WIKA *concrete spun piles*). Berikut hasil analisa setelah profil tiang pancang mengalami perubahan :

Tabel IV.3 Tabel Hasil Analisa Tiang Pancang

	Tebal (m)	Bending Moment Ultimate (ton.m)	Momen Maks yang Terjadi (ton.m)	Qp (ton)	Qs (ton)	Qall (ton)
D = 0.4m Class A2	0.075	8.25	0.85	68.93	77.04	66.56
D = 0.5m Class A1	0.09	15.75	1.53	103.4	96.3	48.66
	Allowable Axial Load (ton)	Tegangan Ijin (ton/m <sup>2</sup> )	Tegangan Aktual (ton/m <sup>2</sup> )	Safety Factor Tegangan	SF Tegangan AS 2159	SF Qall dipilih (Braja)
D = 0.4m Class A2	121.1	1285.56	540.45	2.4	2.12 - 3.44	3
D = 0.5m Class A1	185.3	1311.39	322.84	4.1	2.12 - 3.44	3

Berdasarkan hasil tabel di atas, apabila menggunakan profil tiang pancang WIKA *spun piles* dengan diameter 0.4 m *class A2* *safety factor* tegangannya akan menjadi 2.4 dan sudah sesuai dengan rekomendasi dari AS 2159-1995. Adapun konsentrasi tegangan yang terjadi masih sama yaitu terjadi pada bagian baris tiang pancang paling ujung dengan rata-rata 5.2 N/mm<sup>2</sup> atau 530.25 ton/m<sup>2</sup> dan pada bagian dua baris tiang pancang paling pangkal dengan rata-rata 5.1 N/mm<sup>2</sup> atau 520.06 ton/m<sup>2</sup>. Sedangkan rata-rata tegangan yang terjadi pada tiang pancang sebesar 4.7 N/mm<sup>2</sup> atau 479.27 ton/m<sup>2</sup>.

#### 4.11 Optimasi Perubahan Lebar Jarak Antar Tiang Pancang

Selain sudah merubah profil tiang pancangnya, penulis juga mencoba merubah jarak lebar antar tiang pancang, dari jarak 5 m menjadi berjarak 10 m. Berikut data-data yang dihasilkan yaitu :

- Beban aksial terbesar yaitu dari tiang pancang nomor 343 sebesar 41.37 ton
- Tegangan aktual terbesar yaitu dari tiang pancang nomor 2 sebesar  $1505.2 \text{ ton/m}^2$
- Momen terbesar arah z yaitu dari tiang pancang nomor 2 sebesar 9.225 ton.m

Dari hasil yang didapat dari aplikasi STAAD pro di atas, kemudian dianalisa keamanannya dengan melihat safety factor atau hasil perbandingan antara yang diijinkan dengan yang terjadi. Berikut poin-poin analisisnya :

- Q all tiang pancang sebesar  $48.65 \text{ ton} \geq 41.37 \text{ ton}$  (beban aksial terbesar) , SF Qall sebesar 1.16 (SF Qall Braja : 2.5 – 4)
- Tegangan Ijin sebesar  $1285.56 \text{ ton/m}^2 < 1505.2 \text{ ton/m}^2$  (tegangan aktual terbesar)
- Momen Ijin sebesar  $8.25 \text{ ton.m} < 9.225 \text{ ton.m}$  (momen terbesar arah z)

Dari poin hasil analisa di atas, dapat disimpulkan bahwa perubahan jarak lebar tiang pancang dari 5 m menjadi 10 m belum dapat dilakukan dikarenakan tidak memenuhi syarat amannya sebuah pondasi seperti yang sudah dijelaskan pada subbab 2.6.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Sesuai dengan rumusan masalah yang ditentukan oleh penulis dan dosen pembimbing, dari penelitian tentang studi analisa pondasi *slipway* sistem *airbag* ini maka dapat diambil beberapa kesimpulan sementara sebagai berikut :

1. Pondasi yang digunakan di lapangan sudah cocok dan sangat aman dalam menahan beban yang ada di atasnya. Hal ini dapat diketahui baik dari *safety factor* dari  $Q_{all}$  yang digunakan sebesar 3 maupun dari *safety factor* dari tegangan sebesar 4.1 dan juga masih memenuhi dalam hal kapasitas daya dukung baik vertikal maupun horizontalnya.
2. Material atau profil tiang pancang yang digunakan yaitu WIKA *spun piles class A1* dengan OD 0.5 m dengan jarak 5 m dianggap terlalu kuat atau *over design*. Karena SF tegangannya masih jauh di atas nilai SF yang direkomendasikan oleh *codes* AS2159-1995 yaitu 2.12 – 3.44. Jadi, dilakukan pengecilan pada profil tiang pancangnya dari yang berdiameter 0.5 m dengan tebal 0.09 m *class A1* menjadi yang berdiameter 0.4 m dengan tebal 0.075 m *class A2* (masih dengan WIKA *concrete spun piles*).
3. Setelah mengalami perubahan profil, maka SF dari struktur pondasi tiang pancangnya juga berubah yaitu sebagai berikut:
  - SF  $Q_{all}$  dari 3.31 menjadi 2.42 , (SF Braja : 2.5 – 4)
  - SF Momen dari 10.3 menjadi 9 , (SF BS 8004 1986 : 2 – 3)
  - SF Tegangan dari 4.1 menjadi 2.4 , (SF AS2159-1995: 2.12 – 3.44)
4. Tegangan yang besar pada ujung dan dua baris pangkal *slipway* diperkirakan disebabkan karena di lapangan terdapat sebuah struktur tambahan berupa penahan tanah pada ujung dan pangkal *slipway*. Akan tetapi, karena keterbatasan penulis sehingga struktur penahan tersebut tidak dimodelkan. Karena terdapatnya konsentrasi tegangan pada bagian ujung dan dua barisan pangkal *slipway*, maka disarankan khusus pada bagian tersebut profil tiang pancangnya tetap menggunakan yang berdiameter 0.5m *class A1* atau dapat menggunakan profil yang berdiameter 0.45m.



## **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan kepada yang ingin melakukan analisa seperti pada laporan Tugas Akhir ini lebih dalam lagi adalah sebagai berikut :

1. Menambahkan analisa beban gempa dan juga memodelkan tekanan tanah pasifnya.
2. Menganalisa juga struktur penahan tanahnya maupun tipe winch yang sebaiknya dipilih.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, D, dan D. Untung, 2013, “Studi Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Dengan Beberapa Metode Analisa”. **Jurnal Teknik POMITS Vol 1, No 1 (2013) 1-5**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Australian Standards 2159: 1995, “Piling – Design and Installation”. **Piling Codes**
- Braja, Das. 2011. **Principles of Foundation Engineering (Seventh Edition)**. USA : Cengage Learning
- British Standard 6349-3: 1988, “Design of Dry Docks, Locks, Slipways and Shipbuilding Berths, Shiplifts and Dock and Lock Gates”. **Code of Practice for Maritime Structures**
- British Standard 8004: 1986, “Foundations”. **Code of Practice for Foundations**
- Djoko, I, P. S. Made, dan U. Djoko, 2013, “Modifikasi Struktur Jetty Dermaga PT. Petrokimia Gresik Dengan Metode Beton Pracetak”. **Jurnal Teknik POMITS Vol 2, No 1 (2013) ISSN: 2337 – 3539**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Dunham, Clarence. 1962. **Foundation of Structures Second Edition**. New York, Toronto, London : McGraw Hill Book Company, Inc.
- Febiaswari, A, H. Wahyudi, dan Fuddoly, 2013, “Perencanaan Skidway Untuk Peluncuran Offshore Structure di PT. PAL Surabaya”. **Jurnal Teknik POMITS Vol 1, No 1 (2013) 1-6**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- FEMA P550-3, “Building on Strong and Safe Foundations”. **Recommended Residential Construction For Coastal Areas**
- Gani, Z, dan D. Iriani, 2011, “Perencanaan Slipway di Desa Tabung Anen Sungai Barito Kota Banjarmasin Kalimantan Selatan”. **ITS Paper**, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

- HS, Sardjono. 1988. **Pondasi Tiang Pancang Jilid 1 Untuk Universitas Dan Umum**. Indonesia : Penerbit Sinar
- OCDI (The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan) : 2002, “Technical Standards and Commentaries For Port and Harbour Facilities In Japan”
- Prashant, Amit. Diakses 2016. **Foundation Analysis and Design**. India : CE 632 Pile Foundation part 1
- Sitepu, G, Hamzah, A. Firu, 2012, “Kajian Penggunaan Fasilitas Dok Sistem Airbags Di PT. Dok dan Perkapalan Kodja Bahari Galangan II, Jakarta”. **Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan Vol 10, No 2 (2012)**, Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
- Solihin , 2015. **Materi Mata Kuliah Pondasi Bangunan Laut**, Jurusan Teknik Kelautan, ITS
- Statourenda, J, 2011, “Perencanaan Jetty CPO Precast Di Perairan Tanjung Pakis Lamongan”. **Jurnal Tugas Akhir ITS**, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Syahroni, N, K. Sambodho, M. Zikra, Y. Mulyadi, M. Hamzah, 2016, “Survey Visual, Pengukuran Ketebalan dan Analisa Kekuatan Tiang Pancang Baja Dermaga Internasional PT. Terminal Petikemas Surabaya”. **Final Report P.O. No: 2016/3008**, PT. ITS Kemitraan Surabaya

## BIODATA PENULIS



Wisnu Hanifanto lahir di Kota Surabaya, Jawa Timur pada 5 Juli 1995. Pendidikan dasar ditempuh di SD Muhammadiyah 1 Waru Sidoarjo, SMP Pondok Pesantren Islamic Centre Bin Baz Yogyakarta, dan SMA Mujahidin Surabaya. Penulis kemudian diterima di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2013. Selama kuliah, penulis pernah aktif menjadi staf kepanitiaan acara tahunan Departemen Teknik Kelautan (OCEANO 2014) dan juga menjadi staf LDJ (Lembaga Dakwah Jurusan) Bahrul 'Ilmi 2015/2016. Di luar lingkup jurusan penulis juga aktif di beberapa kegiatan seperti ITS menghafal dan pernah mengikuti UKM IFLS (*ITS Foreign Language Society*). Penulis sempat mengikuti kerja praktik di PT. Galangan PELNI Surya Tanjung Perak Surabaya, dan juga sempat melakukan penelitian terkait tugas akhir di Galangan PT. Lintech Duta Pratama Paciran. Penulis memiliki minat dalam bidang Struktur Pantai dan Pelabuhan sehingga beberapa pelatihan software terkait pernah diikuti oleh penulis seperti pelatihan software MOSES, STAAD Pro, STAAD Foundation, SACS dan juga DELF3D. Topik tugas akhir yang diambil penulis juga terkait dengan beberapa mata kuliah yaitu Proses Pantai, Struktur Pantai, Pondasi Bangunan Laut, Oceanografi, Perancangan Struktur Pantai, Mekanika Tanah, Mekanika Teknik, Perancangan Bangunan Lepas Pantai Statis, Mekanika Fluida dan Hidrodinamika.